



TESIS- TI142307

**MODEL SIMULASI SISTEM DINAMIK UNTUK ANALISIS  
PENUMPUKAN JUMLAH PENUMPANG DI *GATE* YANG  
DIPENGARUHI *ON TIME PERFORMANCE***

LARASATI KUSUMA W.  
2513203009

DOSEN PEMBIMBING  
Dr. Eng. Ir. Ahmad Rusdiansyah, M.Eng., CSCP.  
Ir. Ervina Ahyudanari, ME., PhD

PROGRAM MAGISTER  
BIDANG KEAHLIAN MANAJEMEN LOGISTIK DAN RANTAI PASOK  
JURUSAN TEKNIK INDUSTRI  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2015



---

TESIS- TI142307

**DYNAMIC SYSTEM MODEL SIMULATION TO ANALYZE  
THE ACCUMULATION OF PASSENGER IN GATE  
AFFECTED BY ON TIME PERFORMANCE**

**LARASATI KUSUMA W.  
2513203009**

**SUPERVISOR**

**Dr. Eng. Ir. Ahmad Rusdiansyah, M.Eng., CSCP.  
Ir. Ervina Ahyudanari, ME., PhD**

**MASTER PROGRAM**

**LOGISTIC AND SUPPLY CHAIN MANAGEMENT  
INDUSTRIAL ENGINEERING DEPARTMENT  
FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY  
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY  
SURABAYA  
2015**



# **MODEL SIMULASI SISTEM DINAMIK UNTUK ANALISIS PENUMPUKAN JUMLAH PENUMPANG DI GATE YANG DIPENGARUHI ON TIME PERFORMANCE**

Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar  
Magister Teknik (MT)  
di  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Oleh :  
**LARASATI KUSUMA WARDHANI**  
**NRP. 2513 203 009**

Tanggal Ujian : 02 Juli 2015  
Periode Wisuda : September 2015

Disetujui oleh Tim Penguji Tesis:

1. Dr. Eng. Ir. Ahmad Rusdiansyah, M.Eng., CSCP.  
NIP. 196811091995031003

(Pembimbing 1)

2. Ir. Ervina Ahyudanari., ME., PhD  
NIP. 196902241995122001

(Pembimbing 2)

3. Prof. Dr. Ir. Budisantoso Wirjodirjo., M.Eng.  
NIP. 195503081979031001

(Penguji)

4. Imam Baihaqi, S.T., M.Sc., Ph.D.  
NIP. 197007211997021001

(Penguji)

Direktur Program Pascasarjana,

**Prof. Dr. Ir. Adi Soeprijanto, MT**  
NIP. 19640405 199002 1001



# **MODEL SIMULASI SISTEM DINAMIK UNTUK ANALISIS PENUMPUKAN JUMLAH PENUMPANG DI *GATE* YANG DIPENGARUHI *ON TIME PERFORMANCE***

Nama Mahasiswa : Larasati Kusuma Wardhani  
NRP : 2513201009  
Dosen Pembimbing : Dr. Eng. Ir. Ahmad Rusdiansyah, M.Eng., CSCP  
Co-Pembimbing : Ir. Ervina Ahyudanari., ME., PhD

## **ABSTRAK**

Transportasi penerbangan merupakan alternatif pilihan masyarakat Indonesia untuk melakukan perjalanan jarak dekat maupun jauh. Meningkatnya jumlah penumpang tiap tahunnya, membuat pihak bandar udara sebagai penyedia fasilitas juga ikut meningkatkan performanya. Keberadaan *gate* atau ruang tunggu penumpang sebelum melakukan perjalanan melalui udara merupakan salah satu kriteria penilaian dari segi pelayanan suatu bandar udara. Kondisi ideal dari keberadaan *gate* di bandar udara, selain jarak yang tidak terlalu jauh menuju ke pesawat, juga meliputi kapasitas yang mencukupi untuk setiap jadwal penerbangan dan penugasan *gate* teralokasikan dengan baik. Selain itu faktor terjadinya *delay* atau keterlambatan jadwal penerbangan yang akan berdampak pada lamanya penumpang harus menunggu di *gate* dan berpotensi terjadinya penumpukan jumlah penumpang pada waktu tertentu apabila jadwal penerbangan lain juga telah menunggu. Dengan kapasitas *gate* yang berpengaruh terhadap peningkatan jumlah penumpang serta probabilitas *delay* yang terjadi dalam sistem penerbangan bagaimanakah pengelolaan penugasan *gate* apabila terjadi kedua hal tersebut bila direpresentasikan dalam sebuah model simulasi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis serta memberikan kebijakan dalam penugasan pengalokasian *gate* yang sesuai dengan beberapa variabel keputusan seperti kapasitas *gate*, jumlah penumpang dan probabilitas *delay* penerbangan dalam waktu 1 jam, 2 jam, 3 jam dan 4 jam. Mempertimbangkan *overload capacity* dari *gate* serta probabilitas *delay* yang diberikan, maka dirancang beberapa eksperimen untuk kebijakan yaitu pencegahan probabilitas *delay* 3 jam dan 4 jam karena dari hasil simulasi didapatkan penumpukan jumlah penumpang yang sangat tinggi dengan melakukan transfer antar *gate* yang tersedia dalam *range* waktu jadwal yang sama, juga dipertimbangkan untuk mendirikan *gate* bayangan pada area *gate* yang paling banyak memiliki jadwal penerbangan.

**Kata Kunci :** *Penugasan Gate, Kapasitas Gate, Delay, Alokasi Gate, Model Simulasi, Sistem Dinamik*

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

# **DYNAMIC SYSTEM MODEL SIMULATION TO ANALYZE THE ACCUMULATION OF PASSENGER IN GATE AFFECTED BY ON TIME PERFORMANCE**

Name : Larasati Kusuma Wardhani  
NRP : 2513201009  
Supervisor : Dr. Eng. Ir. Ahmad Rusdiansyah, M.Eng., CSCP  
Co-Supervisor : Ir. Ervina Ahyudanari., ME., PhD

## **ABSTRACT**

Air transport is an alternative choice of Indonesian people to travel either near or far. By the increasing number of customers and demand in every years, make the airport as a facility provider also increasing its performance. The existing gate or waiting room for passanger before traveling by air is one of appraisal criteria in terms of services an airport. The ideal condition of the existing gate in the airport, besides the distance is not too far from apron, also involve allocated flight capacity and gate assignation which allocated well. Besides, the delay factor will affect the duration of the passengers had to wait at the gate and potential occurence of the accumulation of the number of passangers on certain time if another flight schedule is waiting. By the gate capacity that affected on increasing number of passanger, also delay probability that occur on air transport system, how to manage gate assignment represented in simulation model when both problem occur. This research aims to analysis also giving policy on assignation gate allocation according to decision variables such as gate capacity, number of passanger and probability of flight delay in 1 hour, 2 hours, 3 hours and 4 hours. Consider to overload capacity also delay probability given from gate, then the experiments have been designed for the policy, such as probability of delay in 3 hours and 4 hours, because from the simulation result show that the accumulation of the number of passangers is high by doing transfer between existing gate in the same schedule range, and also considered to sets up a shadow gate on area in gate that have most flight schedule

**Keywords** : Gate Assignment, Gate Capacity, Delay, Gate Allocation, Simulation Model, Dynamic System

*(halaman ini sengaja dikosongkan)*



## KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas segala berkah dan rahmat yang telah diberikan, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan penelitian Tesis yang berjudul “Model Simulasi Sistem Dinamik Untuk Analisis Penumpukkan Jumlah Penumpang di *Gate* yang Dipengaruhi *On Time Performance*”. Laporan penelitian Tesis ini ditulis untuk memenuhi persyaratan menyelesaikan jenjang pendidikan program magister (S2), Jurusan Teknik Industri ITS Surabaya.

Penulis juga tidak lupa menyampaikan rasa terima kasih yang begitu dalam kepada pihak-pihak yang tak kenal lelah mendukung penulis untuk menyelesaikan penelitian Tesis ini, khususnya pihak - pihak di bawah ini:

1. Keluarga terutama Papa, Mama, Kakak dan Adik yang tiada henti memberi doa dan motivasi selama penulis menempuh studi S2 ini.
2. Bapak Dr. Eng. Ir. Ahmad Rusdiansyah, M.Eng CSCP dan ibu Ir. Ervina Ahyudanari., ME., PhD selaku dosen pembimbing yang telah memberi arahan, masukan, nasihat, serta dorongan motivasi dalam mengerjakan penelitian Tesis ini.
3. Para dosen penguji sidang Tesis, Bapak Prof. Dr. Ir. Budisantoso Wirjodirjo., M.Eng dan Bapak Imam Baihaqi, S.T., M.Sc., Ph.D yang telah memberikan banyak arahan, saran dan perbaikan pada Tesis ini.
4. Bapak dan Ibu dosen program Magister Jurusan Teknik Industri atas *sharing* ilmu dan pengalaman yang telah diberikan.
5. Manajer *Airport Service Section* dan Manajer *Airport Operational Section*, Bapak Harruman Sulaksono dan Bapak Heru Widiatmoko, serta jajaran para *staff* di kantor Administrasi Bandara Internasional Juanda, Mas Rama, Mas Taufik, yang memberikan bantuan selama penulis melakukan penelitian. Untuk Mas Vian dan Mas Rudi dari Terminal Inspektorat Bandara Juanda yang telah memberikan arahan selama di terminal bandara.

6. Teman-teman pasca sarjana Teknik Industri angkatan 2013, atas segala kekeluargaan, kebersamaan dan segala kenangan indah yang diukir bersama-sama.
7. Group Members “Makan-makan Nurminarsih” (Rei, mbak Mimin, Kak Nia, mbak Nida, mas John, mas Atma) atas rasa kekeluargaan, semangat serta dukungan yang diberikan.
8. Group Tesis, (Rei, kak Dian, mbak Ratih, mas Atma dan bang Thezar) terima kasih atas semangat bekerjasamanya selama penelitian.
9. Kakak-kakak angkatku, mbak Luli, mbak Prita, mbak Wiwin, yang telah memberikan pengalaman dan semangatnya. Emakku Firdausi Gani S. atas semangat dan kelucuannya, semoga bisa segera menyusul menyelesaikan pendidikan S2 ini.
10. My childhood friend who became my encouragement, mas Arya Pradhana yang keberadaannya memberikan inspirasi positif dan semangat berjuang dalam kondisi apapun.
11. Seluruh Staf dan Karyawan di Jurusan Teknik Industri ITS atas segala bantuan yang telah diberikan selama penulis menempuh pendidikan di Jurusan Teknik Industri ITS.
12. Serta seluruh pihak yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu dalam tulisan ini, yang telah membantu dalam penyelesaian penelitian Tesis ini.

Penulis menyadari bahwa dalam menyusun laporan Tesis ini masih ada kekurangan. Oleh karena itu, saran dan masukan yang membangun sangat penulis butuhkan demi kesempurnaan laporan ini. Semoga laporan Tesis ini bisa memberikan manfaat dan kontribusi dalam memperkaya ilmu demi kemajuan bangsa Indonesia tercinta.

Surabaya, Juni 2015

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PENGESAHAN .....</b>	<b>i</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>v</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>vii</b>
<b>KATA PENGANTAR .....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xv</b>
<b>BAB 1 PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	4
1.3 Tujuan Penelitian .....	4
1.4 Manfaat Penelitian .....	4
1.5 Batasan Dan Asumsi .....	5
<b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>7</b>
2.1 Transportasi Udara .....	7
2.2 Elemen-elemen Bangunan Bangar Udara .....	8
2.2.1 Ruang Tunggu Penumpang ( <i>Gate</i> ) dan Kapasitasnya .....	9
2.2.2 Karakteristik Jenis Pesawat .....	11
2.3 <i>Gate Assigment</i> .....	12
2.3.1 Permasalahan dalam Ruang Lingkup Penugasan <i>Gate</i> .....	14
2.3.2 Pengembangan Model dari Penugasan <i>Gate</i> .....	16
2.4 Sistem Dinamik .....	20
2.5 Posisi Penelitian .....	23
<b>BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>27</b>
3.1 Studi Literatur .....	27
3.2 Studi Lapangan .....	28
3.3 Definisi Permasalahan .....	28
3.4 Identifikasi Variabel .....	28
3.5 Perancangan dan Konseptual Model .....	29
3.6 Validasi dan Verifikasi .....	29

3.7 Penentuan Skenario Kebijakan .....	29
3.8 Analisis dan Pembahasan .....	30
3.9 Kesimpulan dan Saran.....	30
<b>BAB 4 PERANCANGAN MODEL .....</b>	<b>33</b>
4.1 Deskripsi Permasalahan dan Identifikasi Variabel .....	33
4.1.1 Jadwal Penerbangan di Indonesia .....	34
4.1.2 Fungsi dan Kapasitas Ruang Tunggu ( <i>Gate</i> ).....	36
4.1.3 Identifikasi Kondisi Eksisting.....	39
4.2 Perancangan Model Simulasi Sistem Dinamik.....	50
4.2.1 Causal Loop Diagram.....	50
4.2.2 <i>Stock and Flow Diagram</i> Kondisi Eksisting.....	52
4.3 Verifikasi dan Validasi Model Simulasi .....	56
4.3.1 Uji Struktur Model Simulasi.....	59
4.3.2 Uji Parameter Model Simulasi.....	59
4.3.3 Uji Kecukupan Batasan Model Simulasi.....	62
4.3.4 Uji Kondisi Ekstrem Model Simulasi .....	62
4.3.5 Uji Perilaku Model Simulasi.....	63
4.4 <i>Running</i> Simulasi Model .....	65
4.4.1 <i>Running</i> Hasil Simulasi Tiap <i>Gate</i> per Hari .....	65
4.4.2 <i>Running</i> Hasil Simulasi Tiap <i>Gate</i> per Minggu.....	69
<b>BAB 5 SKENARIO DAN ANALISIS.....</b>	<b>75</b>
5.1 Skenario 1: Penugasan Gate untuk Representatif Kondisi Nyata....	77
5.2 Skenario 2: Alokasi Penugasan <i>Gate</i> Untuk Pemerataan Total Antrian Penumpang Pada <i>Delay</i> 3-4 Jam. ....	82
5.3 Skenario 3: Penambahkan gate bayangan untuk menampung kelebihan penumpang. ....	84
<b>BAB 6 KESIMPULAN.....</b>	<b>87</b>
6.1 Kesimpulan.....	87
6.2 Saran.....	87
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>89</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>92</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Posisi Penelitian Berdasarkan Metode .....	23
Tabel 2. 2 Perbandingan dengan Penelitian Terdahulu .....	24
Tabel 4. 1 Jadwal Harian Penerbangan Domestik.....	37
Tabel 4. 2 Spesifikasi Ruang Tunggu Keberangkatan di Bandar Udara Internasional Juanda .....	39
Tabel 4. 3 Jumlah Penumpang Berangkat pada Waktu Sibuk Agustus 2013 .....	40
Tabel 4. 4 Jadwal Penerbangan pada Gate 5.....	42
Tabel 4. 5 Jadwal Penerbangan pada Gate 6.....	42
Tabel 4. 6 Jadwal Penerbangan pada Gate 6 (Lanjutan).....	43
Tabel 4. 7 Jadwal Penerbangan pada Gate 7.....	43
Tabel 4. 8 Jadwal Penerbangan pada Gate 8.....	44
Tabel 4. 9 Data Penumpang di Gate 5 Pukul 04:00-13:00 WIB .....	45
Tabel 4. 10 Data Penumpang di Gate 5 Pukul 14:00-23:00 WIB .....	45
Tabel 4. 11 Data Penumpang di Gate 6 Pukul 04:00-13:00 WIB .....	46
Tabel 4. 12 Data Penumpang di Gate 6 Pukul 14:00-23:00 WIB .....	46
Tabel 4. 13 Data Penumpang di Gate 7 Pukul 04:00-13:00 WIB .....	48
Tabel 4. 14 Data Penumpang di Gate 7 Pukul 14:00-23:00 WIB .....	48
Tabel 4. 15 Data Penumpang di Gate 8 Pukul 04:00-13:00 WIB .....	49
Tabel 4. 16 Data Penumpang di Gate 8 Pukul 14:00-23:00 WIB .....	49
Tabel 4. 17 Definisi Variabel <i>Causal Loop Diagram</i> .....	53
Tabel 4. 18 Definisi Variabel <i>Stock and Flow</i> Skenario Umum .....	55
Tabel 4. 19 Definisi Variabel <i>Stock and Flow</i> Skenario Umum (Lanjutan).....	56
Tabel 4. 20 Definisi Variabel <i>Stock and Flow</i> Skenario Umum (Lanjutan).....	57
Tabel 4. 21 Definisi Variabel <i>Stock and Flow</i> Skenario Umum (Lanjutan).....	58
Tabel 4. 22 Perhitungan <i>Error</i> Data Kondisi Eksisting dengan Data Simulasi Total Antrian Seluruh Gate .....	66
Tabel 4. 23 Perhitungan <i>Error</i> Data Kondisi Eksisting dengan Data Simulasi Total Penumpang Transfer Seluruh Gate.....	67
Tabel 5. 1 Parameter Penentuan Gate dan Transfer Penumpang.....	76
Tabel 5. 2 Hasil <i>Running</i> Simulasi Skenario 1A (Gate 5-6).....	79

Tabel 5. 3 Hasil <i>Running</i> Simulasi Skenario 1A ( <i>Gate</i> 7-8).....	79
Tabel 5. 4 Hasil Simulasi Probabilitas <i>Delay</i> 1-2 Jam ( <i>Gate</i> 5-6).....	81
Tabel 5. 5 Hasil Simulasi Probabilitas <i>Delay</i> 1-2 Jam ( <i>Gate</i> 7-8).....	81
Tabel 5. 6 Hasil Simulasi Probabilitas <i>Delay</i> 3-4 Jam ( <i>Gate</i> 5-6).....	82
Tabel 5. 7 Hasil Simulasi Probabilitas <i>Delay</i> 3-4 Jam ( <i>Gate</i> 7-8).....	83
Tabel 5. 8 Hasil <i>Running</i> Total Antrian tanpa <i>Gate</i> Bayangan.....	87
Tabel 5. 9 Hasil <i>Running</i> Total Antrian dengan <i>Gate</i> Bayangan.....	87
Tabel 5. 10 Perbandingan Hasil Simulasi Data Eksisting dan Skenario.....	87

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Pesawat Boeing dan Airbus .....	12
Gambar 2. 2 Model Penelitian Wang et.al (2011) .....	17
Gambar 2. 3 Model Pergantian Pesawat Menuju <i>Gate</i> .....	19
Gambar 2. 4 Model Distribusi Pesawat Menuju <i>Gate</i> .....	20
Gambar 2. 5 Causal Loop Diagram dari model penelitian Suryani et.al (2010).....	22
Gambar 2. 6 Posisi Penelitian .....	26
Gambar 3. 2 Diagram Alir dari Proses Penelitian.....	31
Gambar 4. 1 Input-Output Penelitian.....	36
Gambar 4. 2 Antrian di Pintu Masuk <i>Gate</i> di salah satu Bandar Udara .....	37
Gambar 4. 3 Penumpukan Penumpang di <i>Gate</i> pada Bandar Udara .....	37
Gambar 4. 4 Data Pergerakan Lalu Lintas Transportasi Udara .....	39
Gambar 4. 5 Flowchart Definisi dan Identifikasi Permasalahan .....	41
Gambar 4. 6 Model Causal Loop Diagram Penelitian Ini.....	53
Gambar 4. 7 Model Eksisting <i>Stock and Flow</i> dalam Penugasan <i>Gate</i> 5 .....	55
Gambar 4. 8 <i>Check Unit</i> Model <i>Causal loop diagram</i> .....	60
Gambar 4. 9 Verifikasi Model <i>Causal Loop Diagram</i> .....	60
Gambar 4. 10 <i>Check Unit Stock and Flow diagram</i> Model Eksisting.....	61
Gambar 4. 11 Verifikasi <i>Stock and Flow diagram</i> Model Eksisting.....	61
Gambar 4. 12 Uji Parameter Masing-Masing <i>Gate</i> .....	64
Gambar 4. 13 Uji Kondisi Ekstrim pada Sub Model <i>Gate</i> 6 .....	66
Gambar 4. 14 <i>Running</i> Model Kondisi Eksisting <i>Gate</i> 5 (per hari) .....	68
Gambar 4. 15 Total Antrian <i>Gate</i> 5 Hasil Simulasi per hari.....	69
Gambar 4. 16 Hasil <i>Running</i> Simulasi Model untuk Total Antrian tiap <i>Gate</i> (Per Hari) .....	70
Gambar 4. 17 Hasil <i>Running</i> Simulasi Model untuk Total Penumpang Transfer tiap <i>Gate</i> (Per Hari).....	71
Gambar 4. 18 <i>Running</i> Model Kondisi Eksisting <i>Gate</i> 5 (per minggu) .....	72

Gambar 4. 19 Total Antrian Gate 5 Hasil Simulasi per Minggu .....	72
Gambar 4. 20 Hasil <i>Running</i> Simulasi Model untuk Total Antrian tiap <i>Gate</i> (Per Minggu) .....	73
Gambar 4. 21 Hasil <i>Running</i> Simulasi Model untuk Total Penumpang Transfer tiap <i>Gate</i> (Per Minggu) .....	74
Gambar 5. 1 Komposisi simulasi non <i>delay</i> .....	78
Gambar 5. 2 Total Transfer Penumpang Non <i>Delay</i> .....	80
Gambar 5. 3 Total Antrian Penumpang <i>Delay</i> Probabilitas 1-2 Jam .....	82
Gambar 5. 4 Total Antrian Penumpang <i>Delay</i> Probabilitas 3-4 Jam .....	83
Gambar 5. 5 Total Antrian Penumpang Sebelum Pemerataan .....	84
Gambar 5. 6 Total Antrian Penumpang Sesudah Pemerataan .....	85
Gambar 5. 7 Ilustrasi Penugasan <i>Gate</i> Untuk Pemerataan Penumpang .....	85
Gambar 5. 8 Sub Model Penambahan <i>Gate</i> Bayangan pada <i>Gate</i> 7 .....	86
Gambar 5. 9 Grafik Representatif dari Perbandingan Antar Skenario .....	88
Gambar 5. 10 <i>Interface</i> dari Penelitian ini .....	88



## **BAB 1**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1 Latar Belakang**

Transportasi udara merupakan salah satu alternatif masyarakat Indonesia yang paling diminati untuk melakukan perjalanan dengan rute terdekat maupun jauh. Dengan banyaknya minat untuk melakukan perjalanan melalui udara, mengharuskan sebuah bandara terus menaikkan performanya menjadi semakin baik. Menurut Annex 14 dari ICAO *International Civil Aviation Organization*, (1999): Bandar udara adalah area tertentu di daratan atau perairan (termasuk bangunan, instalasi dan peralatan) yang diperuntukkan baik secara keseluruhan atau sebagian untuk kedatangan, keberangkatan dan pergerakan pesawat. Definisi bandar udara menurut PT. Angkasa Pura I adalah lapangan udara, termasuk segala bangunan dan peralatan yang merupakan kelengkapan minimal untuk menjamin tersedianya fasilitas bagi angkutan udara untuk masyarakat.

Penerbangan yang sudah terjadwal oleh masing-masing maskapai dengan persetujuan bandar udara, tidak selalu berjalan tepat waktu. Keterlambatan pada penerbangan kerap kali terjadi di Indonesia. Banyak faktor yang mempengaruhi terjadinya keterlambatan atau yang biasa disebut dengan *delay*. Faktor internal tersebut bisa berasal dari penumpang, pesawat, fasilitas penerbangan yang berada di area bandar udara sendiri hingga faktor eksternal yang terjadi pada alam. Penugasan *gate* (*gate assignment*) adalah salah satu faktor yang difasilitasi bandar udara yang juga berhubungan dengan pihak maskapai, hal tersebut juga berpengaruh terhadap *feedback* kepuasan penumpang. Misalnya jarak antara *gate* menuju terminal bandara yang ditempuh tidak terlalu panjang, kenyamanan penumpang menunggu di *gate* dengan tidak terjadinya penumpukan penumpang pada saat tertentu dan lain-lain. Frekuensi dan utilitas dari masing-masing pesawat dan juga penumpang merupakan faktor penting dalam hal pendistribusian *gate*.

Penugasan *gate* pada penelitian lebih dikenal dengan *Airport Gate Assignment Problem* (AGAP). Beberapa penelitian terkait *gate assignment* dikembangkan oleh beberapa peneliti seperti halnya yang telah dilakukan

Rahmawati (2014) yang penelitiannya bertujuan untuk meminimasi jarak berjalan yang ditempuh penumpang untuk melakukan *transfer* atau perpindahan. Kemudian Neuman & Atkin (2011) berbicara mengenai penugasan *gate* di bandar udara dengan mempertimbangkan pergerakan *ground handling*. Modeling dari penelitian tersebut mempertimbangkan kemungkinan konflik yang terjadi pada proses pesawat berada di *taxiway*, dengan metode *mixed integer programming*.

Penelitian mengenai *gate blocking* juga telah diteliti oleh Castaing et.al (2014), dimana hal tersebut terjadi karena variabilitas jadwal penerbangan. Penjadwalan *gate* ditentukan oleh waktu yang diperlukan penerbangan dan penentuan *gate* mana yang bisa atau harus digunakan dengan mempertimbangkan kesesuaian ukuran pesawat dan ukuran *gate*, serta proses pemeriksaan dokumen untuk penerbangan internasional, Jaehn (2010).

Maharjan (2012), mengembangkan formulasi aliran jaringan *binary multi-commodity* untuk permasalahan penugasan *gate* yang merata sehingga mampu meminimalkan ketidaknyamanan penumpang yang bergegas mengikuti penerbangan lanjutan (transit) dan juga meminimalkan biaya pembakaran bahan bakar pesawat pada proses *taxi-in*. Selain itu penelitian lain oleh Wang et.al, (2011) mengemukakan sebuah teori mengenai *gate-waiting delays*, dimana tujuan dari makalah ini adalah untuk mengevaluasi sejauh mana *gate* bandara menjadi sumber daya pembatas dalam aliran pesawat yang tiba dan berangkat dari bandara.

Perencanaan, pendistribusian termasuk penugasan *gate* dikelompokkan dalam pengelolaan *gate* (*Gate Management*) yang dikontrol oleh AMC (*Airport Movement Control*). Untuk pengalokasian *gate* pada umumnya diisi oleh 1 maskapai dengan jenis pesawat yang berbeda dari sisi ukuran bergantung dengan jumlah penumpang. Pada penjadwalannya, terdapat *range* waktu untuk setiap pergantian pesawat yang berada pada suatu *gate* atau yang biasa disebut dengan *gate occupancy time*. Dengan melihat berapa lama penumpang penerbangan berada pada *gate* sebelum akhirnya melakukan perjalanan. Apabila terjadi keterlambatan jadwal keberangkatan pada suatu penerbangan, maka hal tersebut akan berimbas pada lamanya penumpang harus menunggu di *gate* yang

kemungkinan akan terjadi dampak penumpukan jumlah penumpang pada waktu tertentu apabila jadwal penerbangan lain juga telah menunggu.

Permasalahan penugasan *gate* yang telah dilakukan sebelumnya dengan melihat literatur penelitian terdahulu sudah banyak didapatkan penyelesaian dengan menggunakan metode heuristik, namun sangat jarang ditemui dengan menggunakan pendekatan model simulasi. Permasalahan dalam topik penugasan *gate* ini merupakan suatu problem yang cukup kompleks dengan mempertimbangkan berbagai faktor yang terkait dalam operasionalnya.

Metode simulasi dengan pendekatan sistem dinamik merupakan suatu metode simulasi yang digunakan untuk mengatasi permasalahan yang cukup kompleks. Penelitian dengan menggunakan pendekatan sistem dinamik yang berhubungan dengan fungsi kebandarudaraan telah dilakukan oleh Suryani, et.al (2010) yakni dengan meramalkan permintaan penumpang serta mengevaluasi beberapa kebijakan yang berkaitan dengan *runway* dan perluasan kapasitas penumpang di terminal. Dengan peneliti yang sama, Suryani et.al (2012), melakukan kembali penelitian untuk meramalkan permintaan dari *air cargo* dengan tujuan yang hampir sama yakni untuk memutuskan berapa dan kapan suatu terminal harus melakukan perluasan kapasitasnya menggunakan pendekatan sistem dinamik.

Penelitian ini dilakukan untuk mengisi gap dari penelitian-penelitian terdahulu mengenai *gate assignment*. Permasalahan yang akan dikembangkan pada penelitian kali ini adalah bagaimana menganalisa penugasan *gate* apabila terjadi penumpukan penumpang dengan mempertimbangkan jumlah *gate* yang ditugaskan, kemudian kapasitas *gate*, jumlah penumpang pada saat *peak hour* dan *delay* penerbangan terjadi. Peningkatan penumpukan jumlah penumpang pada waktu tertentu memungkinkan terjadinya pemerataan penumpang di tiap *gate* dengan melakukan model transfer penumpang antar *gate*. Dengan situasi yang telah disebutkan pada penelitian ini maka menggunakan metode simulasi pendekatan sistem dinamik merupakan keputusan yang tepat. Karena karakteristik dari metode simulasi ini dikenal memiliki kedinamisan yang cukup kompleks pada sistem, serta memiliki perubahan perilaku sistem model terhadap waktu dan mengandung hubungan sebab-akibat didalamnya. Setelah didapatkan model

simulasi untuk analisa penelitian ini selanjutnya diberikan keputusan kebijakan di akhir penelitian dari tiga skenario yang dirancang dengan mempertimbangkan pemerataan penugasan *gate* secara optimal, sehingga dapat menghindari penumpukan jumlah penumpang pada kondisi tertentu.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Permasalahan yang dapat dirumuskan pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimana kondisi eksisting dan variabel-variabel yang berpengaruh terhadap penugasan dan alokasi *gate*.
2. Bagaimana pengaruh *on time performance* jadwal penerbangan pada *gate occupancy time* dalam kaitannya dengan distribusi pemerataan penumpang.
3. Bagaimana penugasan *gate* yang dapat meratakan beban penumpukan jumlah penumpang sehingga mampu mengurangi total penumpukan yang terjadi.

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah :

1. Merancang model simulasi sistem dinamik untuk mengetahui penumpukan jumlah penumpang yang dipengaruhi oleh alokasi dan distribusi *gate* secara maksimal.
2. Menganalisis komposisi-komposisi dari alokasi dan distribusi *gate* untuk beberapa skenario kebijakan.
3. Menentukan kebijakan dari komposisi-komposisi alokasi dan distribusi *gate* yang dipengaruhi oleh kapasitas *gate*, jumlah penumpang serta *on time performance* dari jadwal penerbangan.

## **1.4 Manfaat Penelitian**

Manfaat dilakukannya penelitian ini adalah :

1. Sebagai kerangka acuan dari model permasalahan penugasan *gate* yang ada dengan mempertimbangkan *on time performance* dari jadwal penerbangan di suatu bandara udara.

2. Melengkapi *gap* penelitian mengenai permasalahan penugasan *gate* di bandara, dengan menganalisis model simulasi untuk penugasan *gate* di suatu bandar udara.
3. Dapat menjadi referensi untuk penelitian selanjutnya di bidang kapasitas dan fungsi terminal di suatu bandar udara.

### 1.5 Batasan Dan Asumsi

Batasan yang terdapat pada penelitian ini adalah :

1. Data yang digunakan dalam lingkup penerbangan domestik, karena frekuensi penerbangan yang padat di Indonesia adalah penerbangan domestik.
2. Model tidak mempertimbangkan *cancelled flight*.
3. Model tidak mempertimbangkan perubahan yang terjadi di lapangan pada saat penelitian berlangsung.
4. Pendistribusian *gate* tidak memperhitungkan kontrak *agreement* antara maskapai dan pihak bandar udara.
5. *Range* waktu jadwal penggunaan *gate* adalah 60 menit

Asumsi yang terdapat pada penelitian ini adalah :

1. Penjadwalan keberangkatan dan kedatangan penerbangan sesuai dengan penjadwalan yang terdapat pada bandar udara.
2. Waktu dari jadwal penerbangan adalah konstan.
3. Waktu *delay* yang diizinkan adalah *range* waktu 60 menit, 120 menit, 180 menit dan 240 menit.
4. Data yang digunakan adalah data lapangan dari salah satu bandar udara di Indonesia yaitu Bandar Udara Juanda.
5. *Layout* terminal bandar udara adalah linier.
6. Konsep ruang tunggu keberangkatan di terminal 1, disekat.
7. Model yang dibuat mempertimbangkan 4 ruang tunggu penumpang atau *gate*. Diambil data dari bandar udara Juanda yakni *gate* 5,6,7,8.
8. *Gate* bayangan diasumsikan berkapasitas setengah dari *gate* eksisting dapat menampung 100 calon penumpang.

9. *On time performance* adalah probabilitas dari suatu pesawat tepat waktu dan/atau yang mengalami keterlambatan penerbangan sehingga memiliki dampak pada penugasan *gate* dengan mempertimbangkan penumpukan jumlah penumpang.

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Transportasi Udara**

Transportasi udara merupakan salah satu alternatif pilihan masyarakat Indonesia yang paling diminati untuk melakukan perjalanan dengan rute terdekat maupun terjauh. Alat angkutan yang digunakan dalam sektor udara ini merupakan moda transportasi yang tercepat dan canggih yang dilengkapi dengan penunjuk arah atau navigasi serta alat-alat komunikasi yang dapat digunakan di udara.

Jaringan transportasi memiliki sistemnya tersendiri dalam menjalankan fungsi tugasnya. Menurut sistemnya, jaringan transportasi terbagi atas tatanan kebandarudaraan dan ruang udara untuk penerbangan. Tatanan kebandarudaraan membagi suatu bandara berdasarkan klasifikasi tertentu menjadi bandar udara umum dan bandar udara khusus. Bandar udara umum mengoperasikan fungsinya berdasarkan tingkat penyebaran pelayanan penerbangan, dengan tingkatan seperti berikut:

- Bandar udara dengan pusat pelayanan primer
- Bandar udara dengan pusat pelayanan sekunder
- Bandar udara dengan pusat pelayanan tersier

Sedangkan bandar udara khusus memiliki fungsi yang menunjang kegiatan khusus yang memiliki pedoman aturan undang-undang kebandarudaraan. Menurut Peraturan Direktur Jenderal Perhubungan Udara, (2005) selain dilihat dari segi tatanan kebandarudaraan, dari faktor lain yakni ruang udara untuk penerbangan dapat diklasifikasikan juga sesuai fungsinya,

- Ruang udara yang terdapat di atas bandar udara yang berguna secara langsung untuk kegiatan bandar udara
- Ruang udara yang terdapat di sekitar bandar udara yang berguna sebagai pengoperasian penerbangan
- Ruang udara yang digunakan sebagai jalur penerbangan itu sendiri.

Dengan banyaknya minat untuk melakukan perjalanan melalui udara, mengharuskan sebuah bandara dimana menjadi fasilitas tempat pesawat udara dapat lepas landas dan mendarat serta merupakan tempat singgah penumpang dari

dan akan menuju pesawat, sehingga suatu bandar udara akan terus berusaha menaikkan performanya menjadi semakin lebih baik.

Menurut Annex 14 dari ICAO, *International Civil Aviation Organization* (1999) : Bandar udara adalah area tertentu di daratan atau perairan (termasuk bangunan, instalasi dan peralatan) yang diperuntukkan baik secara keseluruhan atau sebagian untuk kedatangan, keberangkatan dan pergerakan pesawat. Definisi bandar udara menurut PT Angkasa Pura I (2015) adalah lapangan udara, termasuk segala bangunan dan peralatan yang merupakan kelengkapan minimal untuk menjamin tersedianya fasilitas bagi angkutan udara untuk masyarakat.

## **2.2 Elemen-elemen Bangunan Bangar Udara**

Bandar udara dapat dikatakan ideal untuk suatu fasilitas bangunan yang melayani penumpang yang akan melakukan perjalanan serta fasilitas pergerakan transportasi udara apabila telah memiliki infrastuktur yang sesuai dengan undang-undang kebandarudaraan. Elemen-elemen di dalam bandar udara tersebut terbagi menjadi 2 sisi udara dan darat yang terhubung dengan terminal. Elemen-elemen tersebut terdiri atas:

1. *Runway* (Landasan Pacu)

Landasan pacu adalah bagian dari sisi udara yang difungsikan untuk pesawat terbang mendarat dan lepas landas.

2. *Taxiway*

Merupakan suatu akses penghubung bagi landasan pacu, *apron* dan terminal, begitu pula sebaliknya.

3. *Apron*

Merupakan suatu fasilitas yang tersedia dan terbagi menjadi *parking stands* yang digunakan sebagai tempat parkir pesawat untuk melakukan segala aktifitasnya seperti bongkar muat bagasi, naik-turun penumpang dan kegiatan lainnya.

4. *Gate*

Merupakan bagian dalam bandar udara yang terletak pada terminal, biasa disebut dengan ruang tunggu untuk penumpang, juga sebagai penghubung



antara penumpang menuju ke dalam pesawat terbang. Beberapa cara untuk akses penumpang naik turun pesawat adalah sebagai berikut:

- *Avio bridges* yaitu jembatan penghubung untuk penumpang dari terminal ke dalam pesawat dan sebaliknya
- *Jetway* atau jembatan penghubung terminal dan pesawat
- Eskalator, dsb

Bandar udara memiliki beberapa kapasitas yang memiliki fungsi berbeda, beberapa diantaranya kapasitas lapangan udara (*airside capacity*) yakni dimulai dari visibilitas, kontrol lalu lintas udara dan sebagainya, kemudian terdapat kapasitas *runway* yang didefinisikan sebagai rangkaian aktifitas berkelanjutan untuk pengoperasian maksimum pesawat udara; baik untuk jadwal kedatangan dan keberangkatan yang bisa dilakukan selama selang waktu tertentu (misalnya, 15 menit, atau satu jam) di bandara tertentu, konfigurasi landasan tertentu, di bawah kondisi cuaca tertentu, dan pada tingkat *delay* atau keterlambatan pesawat yang dapat diterima.

### **2.2.1 Ruang Tunggu Penumpang (*Gate*) dan Kapasitasnya**

Menurut peraturan perundang-undangan Penerbangan Republik Indonesia (1999) bahwa standarnya sebuah bandar udara memiliki ruang tunggu keberangkatan (*gate*) yang berfungsi sebagai tempat berkumpulnya para penumpang untuk menunggu saat hendak memasuki pesawat. Masing-masing *gate* yang terdapat pada bandar udara punya kapasitasnya sendiri untuk menampung sejumlah penumpang. Ada beberapa jenis kapasitas menurut IATA, *International Air Transport Association* (2004), diantaranya adalah:

- Kapasitas Dinamis yaitu digunakan untuk menggambarkan suatu proses maksimum atau angka pergerakan orang (penumpang) melalui subsistem per satuan waktu. Satuan waktu aktual yang dipilih sebagai indeks ukuran (menit, jam dan lain-lain) bergantung pada sifat operasi.
- Kapasitas Statis yaitu digunakan untuk menggambarkan suatu potensi penampungan dari sebuah fasilitas atau area, dan biasanya juga dapat menunjukkan jumlah penumpang dimana area tersebut dapat menampung sejumlah penumpang di saat tertentu, ini merupakan fungsi dari total

ruangan terpakai yang tersedia dan tingkat pelayanan yang disediakan atau dengan kata lain, jumlah ruang yang kemungkinan di tempati oleh tiap orang. Standar kapasitas statis dinyatakan sebagai meter persegi per penumpang ( $m^2$ /penumpang) untuk tiap tingkat pelayanan.

Agar dapat memenuhi pelayanan penumpang dengan baik dan sesuai standarnya beberapa faktor yang dapat mempengaruhi tingkat pelayanan contohnya dengan melakukan pembesaran ruang pada terminal, dengan adanya histori dari permintaan jumlah penumpang per tahun dan frekuensi peningkatan jumlah penumpang pada saat jam sibuk yang akan menentukan besaran ruang-ruang atau fasilitas yang ada pada bangunan terminal penumpang. Pelayanan pada penumpang erat kaitannya dengan *level of service* (LOS). Menurut keputusan Menteri Perhubungan KM 40 (2000), jasa kebandarudaraan yang terkait dengan pelayanan jasa kegiatan penerbangan terdiri dari :

- 1) Pelayanan Jasa Pendaratan, Penempatan dan Penyimpanan Pesawat Udara (PJP4U);
- 2) Pelayanan Jasa Penumpang Pesawat Udara (PJP2U);
- 3) Pelayanan Jasa Penerbangan (PJP);
- 4) Pelayanan Jasa Pemakaian *Counter*;
- 5) Pelayanan Jasa Pemakaian Garbarata;

Tingkat pelayanan atau *level of service* dijadikan acuan sebuah bandar udara untuk dapat memberikan pelayanan terbaik untuk para penumpang penerbangan. Menurut Horonjeff (2010) bahwa penentuan kebutuhan dari ruangan atau fasilitas yang ada di terminal penumpang sangat dipengaruhi oleh tingkat pelayanan yang diinginkan. Penilaian tingkat pelayanan dari suatu obyek pada dasarnya sangat berbeda dari segi pandang tiap orang. Namun dalam perencanaan fasilitas terminal di bandar udara setidaknya ditetapkan pendekatan secara umum untuk suatu tingkat pelayanan.

Selain dengan perluasan kapasitas dari ruang-ruang dan fasilitas, pihak bandar udara juga dituntut untuk cepat tanggap dalam kondisi-kondisi diluar ekspektasi dari kondisi standar, misalnya saja apabila terjadi *overload capacity* pada *gate* dan keterlambatan jadwal penerbangan alias *delay*.

Model *layout* dari ruang tunggu keberangkatan atau *gate* memiliki bentuk yang berbeda pada masing-masing bandar udara. Dari pengamatan yang dilakukan di Bandar Udara Juanda pada terminal 1 masih menggunakan konsep ruang tunggu yang disekat atau diberi pembatas, dengan masing-masing kapasitas untuk penumpang yang berbeda. Berbeda dengan konsep ruang tunggu terminal 2 yang tidak diberikan sekat. Pemberian sekat atau pembatas pada ruang tunggu diharapkan tidak mengganggu bahkan mengurangi ruang gerak penumpang. Hal tersebut patut dipikirkan ketika dua kondisi diluar ekspektasi yang telah disebutkan sebelumnya seperti terjadi *overload capacity* dan *delay* penerbangan terjadi bersamaan. Menurut staff ahli *Operation Service Section* Bandar Udara Juanda, Rama (2015) penentuan *gate* untuk tiap maskapai dengan melihat kapasitas *gate* itu sendiri, kemudian tujuan dengan desain terbuka atau tidaknya suatu ruang tunggu keberangkatan sebenarnya sama, desain terbuka lebih ditujukan untuk maskapai, untuk penumpang tetap diatur per *gate* agar keberangkatan sesuai dan tidak terlalu jauh dari pesawat yang akan ditumpangi.

## **2.2.2 Karakteristik Jenis Pesawat**

Berbagai jenis transportasi baik transportasi darat, udara maupun laut memiliki karakteristiknya masing-masing. Pesawat terbang merupakan salah satu jenis transportasi udara yang dapat digunakan penumpang untuk melakukan perjalanan dekat maupun jauh. Beberapa tipe pesawat yang digunakan dalam penerbangan komersial di Indonesia sebagai alat transportasi diantaranya:

- *Boeing 737* dengan seri 200, 300, 400, 500, 800 dan 900
- *Airbus* dengan seri 319, 320 dan 330

Masing-masing jenis pesawat diatas memiliki kapasitas yang berbeda. Beberapa faktor penting dalam kapasitas pesawat salah satu diantaranya adalah kapasitas muatan penumpang. Jenis pesawat terbang yang digunakan pada penerbangan di Indonesia seperti maskapai Garuda Indonesia, Citilink, Lion Air, Sriwijaya Air, Batik Air, Air Asia dan lain sebagainya memiliki karakteristik yang berbeda, *Airplane Characteristics for Airport Planning*, (2003):

- Kapasitas penumpang *boeing 737-300* : 149 orang
- Kapasitas penumpang *boeing 737-400* : 174 orang

- Kapasitas penumpang *boeing* 737-500 : 149 orang
- Kapasitas penumpang *boeing* 737-800 : 189 orang
- Kapasitas penumpang *boeing* 737-900 : 215 orang

Sedangkan kapasitas untuk *airbus* adalah sebagai berikut,

- Kapasitas penumpang *airbus* 320 : 150 orang
- Kapasitas penumpang *airbus* 319 : 124 orang
- Kapasitas penumpang *airbus* 318 : 107 orang



Gambar 2. 1 Pesawat Boeing dan Airbus

### 2.3 Gate Assignment

Keterkaitan antara penumpang, maskapai dan terminal bandar udara saling berkesinambungan. Bandar udara bergerak dalam bidang jasa, yakni memberikan layanan transportasi udara baik untuk maskapai maupun penumpang. Dengan banyaknya jenis maskapai dan banyaknya jadwal penerbangan yang ada, membuat pihak maskapai dan tentunya juga bandar udara, melakukan koordinasi pasti untuk memaksimalkan waktu yang nantinya berujung pada *level of service impact*. Permasalahan waktu yang sering terjadi adalah keterlambatan jadwal atau *delay* dan hal tersebut kerap kali terjadi pada penerbangan di Indonesia.

Apabila dalam suatu kurun waktu terdapat jadwal penerbangan pada saat *peak hour* yang jumlah penumpangnya melebihi kapasitas *gate* yang ditugaskan

serta terjadi *delay* berturut-turut maka bagaimana antisipasi dari pihak bandar udara khususnya untuk perlakuan terhadap penumpang, salah satunya dengan memikirkan bagaimana perencanaan dari pendistribusian penumpang-penumpang yang semakin menumpuk dengan adanya kedua faktor tersebut supaya tidak mengganggu kenyamanan dari penumpang dengan selalu tersedianya kursi untuk menunggu, ruang gerak yang leluasa, dan lain-lain. Menurut peraturan Menteri Perhubungan no.77 (2011), mengelompokkan jenis-jenis keterlambatan dalam penerbangan udara, yaitu:

- Keterlambatan penerbangan atau *flight delayed*
- Tidak terangkutnya penumpang karena kapasitas pesawat atau *denied boarding passenger*
- Pembatalan penerbangan atau *cancelled flight*

Selain itu dibedakan pula range waktu dari *delay* yang diizinkan oleh Permenhub no. 25 tahun 2008, sebagai berikut:

- Keterlambatan lebih dari 30 menit – 90 menit
- Keterlambatan lebih dari 90 menit
- Keterlambatan lebih dari 180 menit
- Keterlambatan lebih dari 240 menit

Masing-masing keterlambatan tersebut memiliki kompensasi atau penalti yang harus dibayar oleh pihak maskapai kepada penumpang. Dari sisi fasilitator yakni bandar udara hanya lebih dituntut untuk dapat memberikan pelayanan yang positif untuk menunjang fungsi utama dari bandar udara itu sendiri.

Penentuan *gate* yang sudah direncanakan di awal tidak selalu sesuai dengan yang terjadi di lapangan. Hal tersebut disebabkan oleh variabilitas jadwal penerbangan yang terjadi. Terdapat beberapa skenario yang menyebabkan variabilitas tersebut, misalkan penerbangan kedatangan (*arrival*) datang lebih awal dari jadwal, kemudian penerbangan sebelumnya berangkat dari *gate* mengalami keterlambatan jadwal keberangkatan atau terjadi keduanya. Ketika penerbangan kedatangan (*arrival*) tiba di *gate* sesuai jadwal tetapi harus menunggu karena pesawat sebelumnya masih menempati *gate* itu, hal ini disebut sebagai penyumbatan *gate* atau *gate blockage*, Castaing et.al, (2014)

Dengan peningkatan lalu lintas udara sipil dan pertumbuhan yang sesuai pada bandara di dekade terakhir, kompleksitas dari tugas *gate* telah meningkat secara signifikan. Di bandara internasional yang besar, beberapa ratus penerbangan harus ditangani per hari. Input dari penjadwalan *gate* (*gate scheduling*) adalah jadwal penerbangan dengan waktu kedatangan dan waktu keberangkatan dan tambahan informasi penerbangan secara rinci mengenai jumlah penumpang, jumlah kargo, dan penerbangan *originating* atau *transit* serta klasifikasi penerbangan domestik maupun *international*. Penjadwalan *gate* ditentukan oleh waktu yang diperlukan penerbangan dan penentuan *gate* mana yang bisa atau harus digunakan dengan mempertimbangkan kesesuaian ukuran pesawat dan ukuran *gate*, serta proses pemeriksaan dokumen untuk penerbangan internasional, Jaehn (2010).

Berbagai penelitian telah dilakukan dalam hal yang terkait dengan penugasan *gate*, kebanyakan dari penelitian tersebut bertujuan untuk meminimasi jarak berjalan penumpang dari atau menuju bandara yang berimbas terhadap *service* penumpang. Penentuan *gate* seperti yang telah dibahas sebelumnya, bergantung pada jumlah *parking stand* yang tersedia. Menurut Ashford, et al (2011) penentuan kapasitas *apron* atau *parking stand* yang terjadi keseluruhan bandara, bergantung pada variabel-variabel berikut ini:

- Jenis maskapai
- Dibedakan antara sebuah penerbangan asli (*originating*), transit (*turnaround*)
- Volume dari *deplaning* dan *enplaning* penumpang/penerbangan
- Jumlah bagasi dan surat per penerbangan
- Produktifitas layanan operasi maskapai dan efisiensi personal *apron*
- Eksklusif penggunaan satu maskapai atau kelas maskapai dan ketersediaan seluruhnya.
- 

### **2.3.1 Permasalahan dalam Ruang Lingkup Penugasan Gate**

Dari beberapa literatur yang mengangkat permasalahan mengenai *gate*, erat hubungannya bila dikaitkan waktu. Dimulai dari jadwal penerbangan yaitu waktu kedatangan, waktu keberangkatan, waktu transit, *loading/unloading* bagasi

penumpang, waktu berjalan penumpang, hingga proses *ground handling service* terhadap pesawat.

Dorndorf (2010), menuliskan pemikirannya mengenai solusi terkini yang dikembangkan untuk memecahkan permasalahan penjadwalan *gate* untuk penerbangan umum yang berkaitan dengan penetapan kegiatan pesawat yang berbeda (kedatangan, keberangkatan dan parkir *intermediate*) untuk pesawat yang berada di *parking stand* maupun di *gate*. Ada beberapa klasifikasi keputusan mengenai tanggung jawab maskapai penerbangan dan manajemen bandara:

- Penjadwalan *crew*
- Manajemen yang mengatasi gangguan (*disruption*)
- Tugas armada maskapai
- Penjadwalan pesawat dan rotasi
- Penjadwalan *turn around time* untuk pesawat

Dan beberapa kegiatan lain yang nantinya dijadikan satu sebagai permasalahan penjadwalan secara tradisional. Penugasan *gate* harus sesuai untuk layanan bandara dan nyaman untuk penumpang. Jadwal penyusunan *gate* harus memenuhi aturan yang ketat bersamaan dengan pembatasnya, seperti satu *gate* bisa memproses satu pesawat dalam waktu yang sama, kebutuhan pelayanan dan pembatasan ruang yang sehubungan dengan *gate* yang berdekatan juga harus dipenuhi, minimum *ground time* dan minimum waktu antar pesawat berikutnya harus terjamin.

Marinelli, et.al (2015) juga melakukan penelitian yang berkaitan dengan *gate assignment* untuk optimalisasi *flight gate assignment* sesuai dengan jadwal yang telah diberikan. Pada penelitiannya ia menuturkan bahwa terdapat perbedaan kelas yang memutuskan maskapai mana dan manajemen bandara yang bertanggung jawab atas: jadwal *crew*, tugas armada maskapai, penjadwalan dan rotasi pesawat, jadwal *ground operations* dan lainnya yang bisa di modelkan sebagai permasalahan tradisional *scheduling*. Ketika pesawat tiba di bandara, dapat ditugaskan langsung menuju *fixed gate* atau dalam beberapa kondisi yang terjadi dapat ditugaskan di *remote gate* (*gate* jarak jauh). Semua *fixed gate* memiliki jembatan penghubung bagi penumpang menuju terminal bandara, sedangkan untuk penugasan *remote gate*, penumpang yang akan menuju terminal

bandara dapat diangkut dengan moda transportasi bis atau berjalan kaki. Pada penelitian tersebut diatas *flight assignment problem* mempertimbangkan 2 tujuan utama yakni, meminimalkan *total walking distance* (TWD), termasuk masing-masing jarak penumpang berjalan menuju *gate* keberangkatan, kemudian untuk area pengambilan bagasi dan *connecting flight*.

### 2.3.2 Pengembangan Model dari Penugasan *Gate*

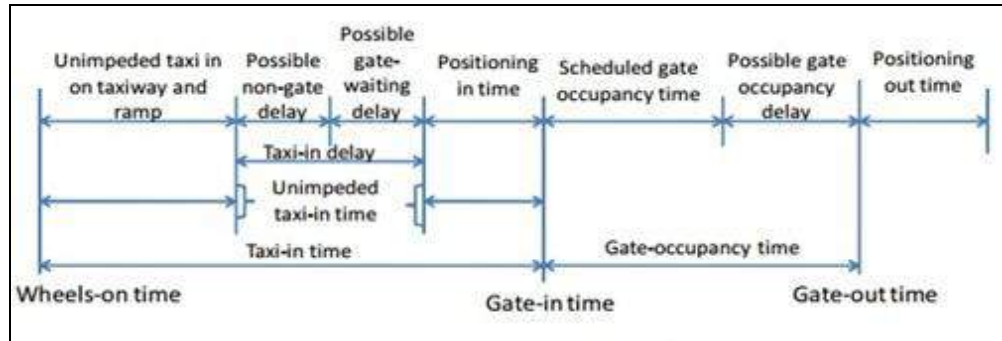
Wang et.al, 2011 mengemukakan sebuah teori mengenai *gate-waiting delays*. Ketika penerbangan tiba di landasan pacu, ada kemungkinan bahwa pesawat tersebut tidak bisa langsung ditarik menuju *gate*. Tujuan dari makalah ini adalah untuk mengevaluasi sejauh mana *gate* bandara menjadi sumber pembatas dalam aliran pesawat yang tiba dan berangkat dari bandara. Pada level paling tinggi, bisa dilihat dari perspektif teori antrian, *delay* yang mendasar berhubungan dengan beberapa permasalahan seperti:

- Permintaan jadwal lebih tinggi daripada kapasitas atau *over-scheduling*
- Terlalu banyak pesawat yang tiba
- Waktu *ground handling* yang terlalu lama
- Pengurangan *gate* yang seharusnya digunakan

Misalnya saja jika sebuah pesawat memiliki waktu penyelesaian untuk *ground handling servicenya* lebih lama dari yang dijadwalkan, hal ini efektif mengurangi tingkat pelayanan *gate*. Kemudian, tingginya tingkat penerbangan yang datang (*arrival*) dan waktu menginap (*gate occupancy time*) yang panjang bisa juga menjadi alasan untuk *gate-waiting delay*. Model antrian dan model *integer programming* telah digunakan untuk memodelkan *taxi-in process* (istilah *taxi* dalam sebuah penerbangan merupakan proses bergerak perlahan di tanah sebelum lepas landas atau setelah mendarat. Proses ini juga termasuk proses pembakaran bahan bakar pesawat, dimana *cost* di dalamnya juga diperhitungkan). Untuk waktu minimum pelayanan operasi *turnaround* yang ideal juga telah dimodelkan, namun dampak menyeluruh dari gangguan jadwal pada operasi *turnaround* belum diteliti secara menyeluruh.



Permodelan dari proses *taxi-in* dan proses *gate occupancy* adalah sebagai berikut:



Gambar 2. 2 Model Penelitian Wang et.al (2011)

Metode pertama dari permodelan ini untuk estimasi dan validasi dari *gate-waiting delay*. Pada bagian ini dideskripsikan beberapa metode untuk mengambil kesimpulan dari *gate-waiting delay* berdasarkan database ASPM (*Aviation System Perfomance Metrics*) dan BTS (*Bureau of Transportation Statistics*). *Gate-waiting delay* merupakan perbedaan antara *taxi-in delay* dan *non-gate delay*,

$$\text{Gate-waiting delay} = \text{taxi-in delay} - \text{non-gate delay}$$

Namun tidak ada database yang mengandung *non-gate taxi-in delay*, sehingga harus diestimasi. Berdasarkan sumber dari *United Airlines* permukaan lalu lintas bandara merupakan penyebab utama dari *non-gate delay* dan penundaan ini biasanya memakan waktu kurang dari 5 menit. Diasumsikan bahwa hingga 5 menit dari waktu proses *taxi-in delay* tidak berhubungan dengan *gate delay*,

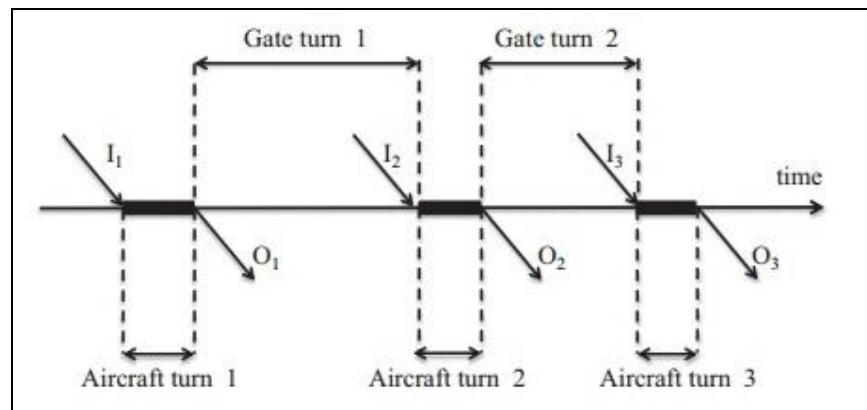
$$\text{Gate-waiting delay} \sim \max(\text{taxi-on delay} - 5 \text{ min}, 0)$$

Penugasan *gate* biasanya ditangani dalam 3 fase:

1. Fase perencanaan pertama terjadi beberapa bulan sebelum hari operasi.
2. Tahap kedua melibatkan pengembangan rencana hari sebelum dimulainya hari operasi yang sebenarnya
3. Tahap ketiga merevisi rencana harian sepanjang hari operasi karena operasi tidak teratur seperti keterlambatan, cuaca buruk, kegagalan mekanik dan kebutuhan pemeliharaan.

Biasanya keterlambatan *gate* menyebabkan keterlambatan untuk kedatangan. *Delay* kedatangan mungkin memiliki efek propagasi pada keberangkatan pesawat berikutnya. Maskapai penerbangan dapat mengurangi *gate delay* dengan mengurangi *volume* jadwal dan mengimplementasikan algoritma penugasan *gate* yang lebih efisien, Wang, et.al (2011)

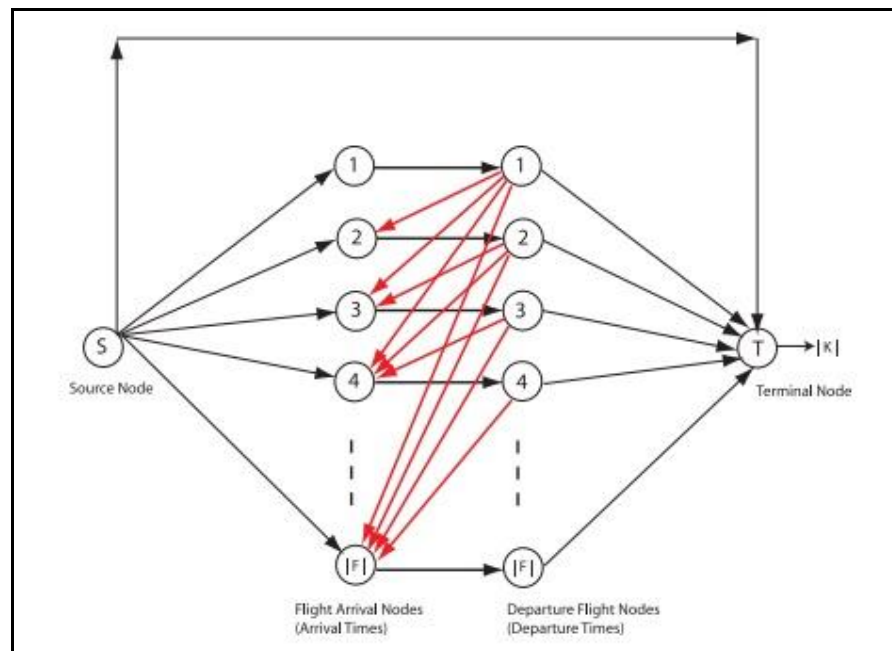
Di kasus yang lain namun masih tetap berhubungan dengan *gate*, Castaing et.al (2014) melakukan penelitian mengenai *gate* penyumbatan (*gate blockage*), ketika penerbangan tiba di *gate* yang telah dijadwalkan tetapi harus menunggu karena pesawat sebelumnya masih menempati *gate* tersebut. Penyumbatan *gate* memiliki efek negatif contohnya terjadi *delay* penumpang, melewatkan penerbangan lanjutan atau *transit* dan menaikkan pembakaran bahan bakar pesawat. Pada penelitian tersebut difokuskan pada penugasan pesawat (yang telah ditentukan sebelumnya dalam tahap awal dari proses perencanaan), dengan tujuan utama meminimalkan potensi penyumbatan *gate* dan gangguan-gangguan terkait. Penerbangan keberangkatan sering tertunda karena sejumlah alasan, termasuk masalah yang berkaitan dengan mekanik atau cuaca hingga *delay* penumpang pesawat terbang. Di samping itu, penundaan awal sistem dapat menyebar untuk menunda penerbangan hilir, serta ada banyak alasan mengapa penerbangan mungkin tiba lebih awal. Kemudian selalu ada *buffer* yang dibangun ke dalam sistem untuk dapat mengakomodasi variabilitas untuk waktu keberangkatan, dan lain sebagainya. Ketika *buffer* tidak diperlukan, penerbangan dapat tiba lebih awal.



Gambar 2. 3 Model Pergantian Pesawat Menuju Gate

Gambar diatas menerangkan penjadwalan *gate* dengan 3 pergantian pesawat dan 2 kali pergantian *gate*. Mempertimbangkan 2 penerbangan keluar  $O_1$  dan  $O_2$  serta 2 penerbangan masuk  $I_1$  dan  $I_2$ . Misalkan waktu keberangkatan jadwal 8:30 untuk  $O_1$  dan 8:40 untuk  $O_2$  dan jadwal kedatangan 8:50 untuk  $I_1$  dan 9:00 untuk  $I_2$ . Satu kemungkinan untuk penugasan *gate* untuk memasang  $O_1$  dan  $I_1$  dalam satu *gate* serta  $O_2$  dan  $I_2$  berada dalam *gate* yang berlainan. Contoh penugasan *gate* ini terhitung wajar karena memungkinkan dalam waktu 20 menit menjadi waktu bergilir kedua pasangan penerbangan yang keluar-masuk tersebut.

*Flight gate assignment* diulas oleh Maharjan et.al, (2012), permasalahan penugasan *gate* penerbangan ditemui oleh manajer *gate* di bandara secara periodik. Tugas ini harus dilakukan sehingga dapat menyeimbangkan efisiensi operator dan kenyamanan penumpang, sambil memerlukan *buffer* untuk kejadian yang tak terduga yang dapat menyebabkan gangguan dalam penugasan. Baru-baru ini Dorndoff, (2010) juga menyajikan model dan pendekatan solusi heuristik berdasarkan masalah partisi yang kuat untuk mengoptimalkan beberapa aspek rinci giliran pesawat. Beberapa penulis telah menganggap *multi-objective* atau formulasi metrik keseimbangan terkait dengan dua kenyamanan yakni dari penumpang dan efisiensi operator, yang keduanya memiliki *record* sering bersaing.



Gambar 2. 4 Model Distribusi Pesawat Menuju Gate

Penelitian mengenai *flight gate assignment* tersebut mengembangkan formulasi aliran jaringan *binary multi-commodity* untuk permasalahan penugasan gate seimbang yang meminimalkan ketidaknyamanan penumpang, baik untuk penumpang yang bergegas mengikuti penerbangan lanjutan (*transit*) dan juga meminimalkan biaya pembakaran bahan bakar pesawat pada proses *taxi-in*. Maharjan, et.al (2012)

## 2.4 Sistem Dinamik

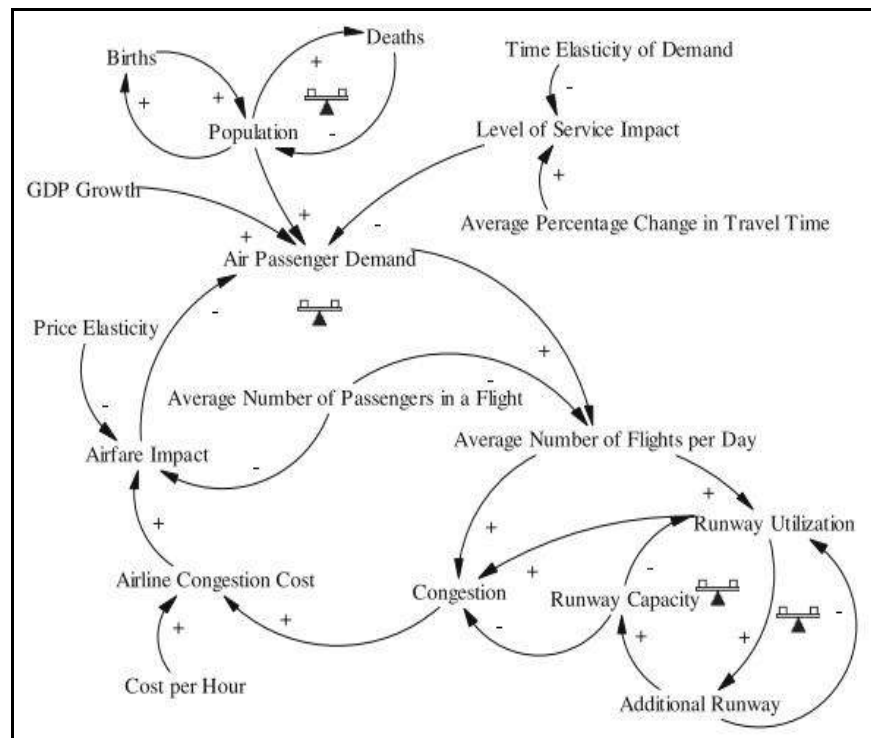
Konsep Sistem Dinamik dikembangkan pada tahun 1950-an di MIT oleh Dr. Jay W. Forrester kemudian dikemukakan sistem pemodelan ilmiah atas perilaku kompleks dunia bisnis dengan mengusulkan suatu strategi simulasi yang unik. Pengertian singkat dari sistem dinamik sendiri merupakan metodologi untuk digunakan sebagai pemahaman terhadap suatu sistem tertentu yang berubah terhadap waktu. Tujuan dari sistem dinamik menurut Misbah (2009) adalah untuk memahami, mengenal dan mempelajari bagaimana struktur, kebijaksanaan dan *delay* dalam pengambilan keputusan mempengaruhi perilaku sistem. Untuk bisa membuat simulasi dari model sistem dinamik, sebelumnya dibentuk terlebih dulu diagram alir yang mampu dibaca oleh *software* dari komputer untuk menjalankan

*running* model. Ada berbagai *software* untuk membuat diagram alir sistem dinamik diantaranya *DYNAMO (Dynamic Models)*, *STELLA (System Thinking Educational Learning Laboratory with Animation)*, *Powersim*, dan *Vensim*.

Simbol-simbol yang digunakan dalam pembuatan diagram alir untuk membuat suatu model sistem dinamik akan dijelaskan seperti berikut ini:

1. *Level*: Pada konsep sistem, *level* dinyatakan sebagai *state variable*, merupakan hasil akumulasi aliran dari diagram alir, dan dapat menentukan kondisi sistem setiap saat.
2. *Rate*: Suatu aliran yang menyebabkan bertambah maupun berkurang suatu *level*. *Rate* terdiri atas *rate* yang masuk atau disebut *inflow* dan *rate* yang keluar disebut *outflow*.
3. *Source* dan *sink*: Kedua simbol yang seperti awan ini menunjukkan suatu material yang mengalir ke dalam atau keluar satu *level*.
4. *Information link*: Merupakan penghubung sejumlah variabel dalam suatu sistem, apabila suatu aliran informasi keluar dari *level*, hal tersebut tidak mengurangi akumulasi yang ada dalam *level* tersebut.
5. Variabel *Auxiliary*: Suatu penambahan informasi yang dibutuhkan untuk merumuskan persamaan maupun variabel *rate*. Variabel *auxiliary* menggambarkan suatu lingkaran yang penuh

Model sistem dinamik banyak diaplikasikan pada penelitian yang berhubungan dengan kebandarudaraan, Suryani et.al (2010) mengembangkan sebuah model untuk meramalkan permintaan penumpang pesawat dan mengevaluasi beberapa skenario mengenai perluasan kapasitas terminal penumpang untuk memenuhi permintaan yang akan datang.



Gambar 2. 5 Causal Loop Diagram dari model penelitian Suryani et.al (2010)

Peneliti selanjutnya yaitu Radhianjaya, (2011) mengkaji mengenai evaluasi kebutuhan kapasitas terminal bandar udara Juanda, dengan implementasi sistem dinamik penulis berfikir bahwa sistem penerbangan itu teliti dan sangat dinamis oleh perubahan waktu. Untuk mengevaluasi kebutuhan kapasitas terminal bandar udara, Radhianjaya membuat alat bantu pengambil keputusan dengan mempertimbangkan kapasitas bandar udara, data histori penumpang dan rute penerbangan domestik. Setelah didapatkan hasil penelitian yang menunjukkan *overload* pada tahun 2006, peneliti merancang sebuah kebijakan dengan mengembangkan kapasitas terminal dan melakukan pengalihan maskapai pada terminal yang lain.

Kemudian, Prasetyan (2011) juga meneliti mengenai pengukuran performansi pengiriman kargo udara terkait dengan parameter jumlah kargo yang terkirim tiap waktunya, total waktu tunggu dan *turn over ratio* gudang. Dari *running* model yang telah dilakukan, kemudian merancang sebuah kebijakan, terpilih satu kebijakan yang berpengaruh terhadap performansi pengiriman kargo

dan yang memungkinkan untuk dilakukan perbaikan yaitu pada kebijakan perubahan fraksi jumlah kedatangan kargo yang tidak terjadwal.

## **2.5 Posisi Penelitian**

Permasalahan *Airport Gate Assignment Problem* (AGAP) telah dikenal sejak tahun 80-an, tahun (1991) S.G Hamzawi membuat penelitian mengenai manajemen dan perencanaan kapasitas *gate* menggunakan *computer simulation*. Setelah itu, semakin berkembangnya transportasi udara, semakin padat pula lalu lintas penerbangan membuat penugasan *gate* juga meningkat. *Gate problem* memiliki karakteristik sendiri dalam pengelolaan penerbangan selama di bandar udara. Beberapa penelitian yang telah disebutkan sebelumnya bahwa permasalahan *gate* pesawat identik dengan penelitian mengenai jarak berjalan penumpang dari dan menuju terminal ketika akan melakukan penerbangan. Penelitian oleh Maharjan (2011) mengulas mengenai penugasan kembali *gate* yang sebelumnya terkena dampak *delay* dengan meminimasi jarak berjalan penumpang. Hal tersebut berimbas kepada layanan terhadap penumpang, namun permasalahan jarak bukanlah satu-satunya yang menjadi fokus utama dalam perencanaan *gate*. Banyak yang harus diperhatikan, misal untuk menghindari adanya penyumbatan *gate* yang dikarenakan penumpukkan jadwal penerbangan di *gate* yang sama, penelitian tersebut telah dikemukakan oleh Castaing, (2014) dan sudah diulas sebelumnya pada tulisan ini. Dari perspektif manajemen bandar udara diteliti mengenai prosedur penugasan *gate* yang kuat, Narciso (2014) menggunakan metode CPN (*Colored Petri Net*) untuk penugasan *gate* nya.

Tabel 2. 1 Posisi Penelitian Berdasarkan Metode

Pengarang (Tahun)	Judul Paper	Topik Bahasan	Metode	
			Heuristic	Simulasi Model
F. Jaehn (2010)	<i>Solving the flight gate assignment problem using dynamic programming</i>	<i>flight gate assignment</i>	v	
J. Wang, et.al (2011)	<i>Analysis of Gate-waiting Delays at Major US Airports</i>	<i>gate-waiting delays</i>		v
B. Maharjan, T. Martis (2011)	<i>Multi-commodity flow network model of the flight gate assignment problem</i>	<i>flight gate assignment</i>	v	
Tang , Chung Wang (2013)	<i>Airport gate assignments for airline-specific gates</i>	<i>gate assignments</i>	v	
M. Marinelli, et. Al (2015)	<i>A Metaheuristic approach to solve the flight gate assignment problem</i>	<i>flight gate assignment</i>	v	
U. Dorndorf (2007)	<i>Flight gate scheduling: State-of-the-art and recent developments</i>	<i>flight gate scheduling</i>	v	
Narciso., et.al (2014)	<i>Robust gate assignment procedures from an airport management perspective</i>	<i>gate assignments</i>	v	
J. Castaing, et.al (2014)	<i>Reducing airport gate blockage in passenger aviation: Models and analysis</i>	<i>gate blockage</i>	v	
Penelitian ini (2015)	Analisis Model Simulasi Sistem Dinamik terhadap Penumpukkan Jumlah Penumpang di Gate yang dipengaruhi On Time Performance	<i>gate assignment</i>		v



Tabel 2. 2 Perbandingan dengan Penelitian Terdahulu

Penelitian Terdahulu	Penelitian Saat ini
Analisis waktu terhadap <i>waiting-delay</i> hanya mempertimbangkan proses di <i>taxiway</i> (J. Wang, et.al, 2011)	Analisis ini mempertimbangkan waktu dari jadwal penerbangan yang ada, kemudian mencari slot jadwal kosong pada ruang tunggu keberangkatan atau <i>gate</i> untuk dibuat sebagai <i>buffer</i> .
Analisis dari penelitian mengenai <i>gate assignment</i> kurang lebih mencakup pada pelayanan penumpang, yaitu meminimasi jarak berjalan penumpang dari pesawat menuju <i>gate</i> (Maharjan, 2011; Marinelli, 2015; F. Jaehn, 2011; Tang, 2013; Dorndoff 2007;	Analisis pada penelitian ini penugasan <i>gate</i> apabila terjadi <i>overload capacity</i> dan <i>delay</i> penerbangan yang mengakibatkan penumpukan jumlah penumpang dengan menggunakan pendekatan sistem dinamik.

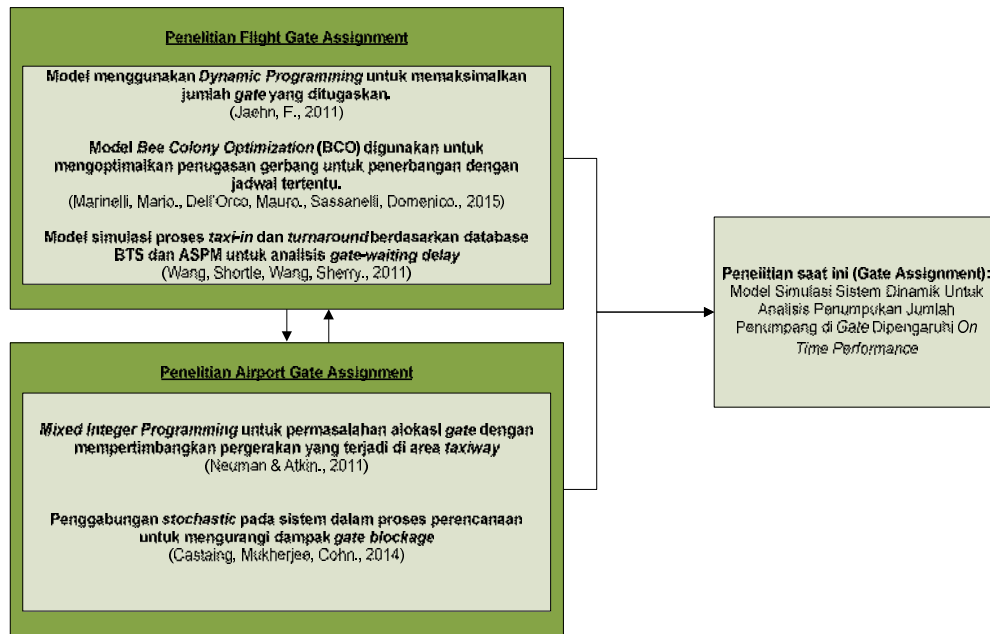
Pendistribusian *gate* merupakan proses awal yang terjadi dalam perencanaan *gate*, apabila pendistribusian penumpang tidak merata pada *gate* yang telah tersedia menjadikan fungsi dari penggunaan *gate* tidak optimal yang dapat mengakibatkan terjadinya penumpukan jumlah penumpang pada kurun waktu tertentu, khususnya ketika terjadi keberangkatan saat *peak hour* menyebabkan *overcapacity* dan keterlambatan (*delay*) dan juga banyak faktor lainnya.

Seiring berjalannya waktu semakin banyak orang beralih menggunakan transportasi udara, dengan meningkatnya permintaan penerbangan maka pihak fasilitator (bandar udara) dituntut untuk dapat meningkatkan pula tingkat pelayanannya dalam hal keamanan, keteraturan dan kenyamanan. Kondisi riil yang dapat ditemukan pada fasilitas di terminal penumpang pada bandar udara adalah penumpukan jumlah penumpang di *gate* atau ruang tunggu, karena kapasitas dari ruang-ruang yang ada di terminal tidak sebanding dengan semakin meningkatnya penumpang yang akan melakukan penerbangan. Hal tersebut berakibat pada pelayanan kepada penumpang, tidak mendapatkan tempat duduk,

sebagian besar penumpang akan menunggu sambil berdiri sehingga dapat membatasi ruang gerak dari penumpang-penumpang lain. Maka dari itu penelitian kali ini akan fokus kepada pengaruh dari *on time performance* jadwal penerbangan (ketepatan waktu penerbangan untuk melakukan penerbangan) dengan alokasi *gate* yang dapat mengantisipasi akumulasi jumlah penumpukan penumpang ketika terjadi *overload capacity* dan *delay* penerbangan. Diharapkan antisipasi ini mampu mewujudkan standar dari suatu ruang tunggu di terminal bandar udara untuk keberangkatan yang sesuai dengan LOS (*level of service*) yang ditetapkan oleh Perhubungan Udara.

Posisi dari penulisan penelitian ini dari penelitian-penelitian lain yaitu, penelitian ini bertujuan untuk merancang suatu model simulasi dengan pendekatan sistem dinamik terhadap penumpukan jumlah penumpang yang mempertimbangkan jumlah rute penerbangan, kapasitas dan jumlah *gate* yang ditugaskan, jumlah penumpang pada saat *peak hour* dan terjadinya *delay* penerbangan.

Selanjutnya akan dirancang sebuah kebijakan dari hasil model simulasi yang telah dibuat dengan mempertimbangkan pemerataan penugasan *gate* secara optimal, sehingga dapat menghindari penumpukan jumlah penumpang. Posisi dari penelitian ini telah diberikan pada gambar di bawah ini. Dari pengelompokan penelitian *flight gate assignment*, *airport gate assignment* dengan pertimbangan komposisi-komposisi dan metode penyelesaian yang berbeda kemudian ditemukan celah atau gap dari penelitian yakni penelitian saat ini.



Gambar 2. 6 Posisi Penelitian

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## **BAB 3**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

Pada bab metodologi penelitian akan dijelaskan bagaimana langkah-langkah sistematis dari kegiatan yang akan dilakukan selama proses penelitian, sehingga hasil pengerjaan nantinya akan sesuai dengan rencana eksperimen dari diagram alir yang telah dibuat

#### **3.1 Studi Literatur**

Pada tahapan studi literatur ini yaitu mencari referensi dari penelitian-penelitian yang telah dilakukan sebelumnya. Dari tahapan ini akan didapatkan ide, konsep serta metode dari penelitian-penelitian terdahulu yang berhubungan dengan operasional bandar udara khususnya mengenai pengelolaan, penugasan *gate*, metode penelitian dengan sistem dinamik dan lainnya yang berhubungan dengan penelitian saat ini. Penelitian yang berhubungan dengan penugasan *gate* telah banyak dilakukan, sebelumnya Dorndoff (2007) melakukan penelitian dengan topik bahasan *flight scheduling*, tahun berikutnya peneliti F. Jaehn (2010) meneliti pula mengenai penyelesaian permasalahan *flight gate assignment* dengan menggunakan metode *dynamic program*, penelitian selanjutnya oleh J. Castaing et.al (2014) membahas penelitian mengenai penyumbatan *gate* atau *gate blockage* dimana disebabkan oleh salah faktornya yaitu variabilitas jadwal penerbangan membuat skenario-skenario terjadi seperti penerbangan kedatangan tiba lebih awal dari jadwal, penerbangan keberangkatan terlambat dari jadwal atau terjadi kedua hal tersebut yang mengakibatkan akan terjadinya penyumbatan baik di *apron* maupun di *gate*. Setelah melalui tahap studi literatur didapatkan *gap* untuk penelitian ini yaitu dengan mempertimbangkan *on time performance* dari jadwal penerbangan, ketika jadwal penerbangan mengalami *delay* pada probabilitas waktu tertentu serta terjadinya *overload capacity* pada *gate* sehingga akan menimbulkan dampak penumpukkan jumlah penumpang di *gate*. Dengan melakukan perencanaan alokasi *gate* yang sesuai maka diharapkan dapat

mengantisipasi penumpukkan jumlah penumpang menggunakan metode simulasi sistem dinamik.

### **3.2 Studi Lapangan**

Tahapan studi lapangan dilakukan untuk observasi keadaan *real* lapangan dari suatu bandar udara. Hal ini dilakukan untuk memahami bagaimana sistem dari penugasan *gate* serta distribusi tiap maskapai untuk masing-masing kapasitas *gate* yang tersedia di bandar udara tersebut. Kemudian dilakukan pengumpulan data mengenai *daily log schedule*, fasilitas bandar udara yaitu *gate* meliputi jumlah dan kapasitasnya dan lainnya yang berkaitan dengan penelitian ini.

### **3.3 Definisi Permasalahan**

Pada tahap ini, dilakukan pendefinisian suatu permasalahan pada penelitian yang akan dilakukan. Dari studi literatur yang dijadikan referensi, terdapat beberapa permasalahan mengenai *gate* yang rata-rata dari penelitian tersebut membahas mengenai *flight gate scheduling* dan *gate assignment* yang memiliki tujuan yaitu *level of service impact* pada penumpang. Setelah dilakukan studi literatur tersebut ditambah dengan data serta observasi lapangan, muncul suatu *gap* mengenai penugasan suatu *gate* di bandar udara ketika terjadi *delay* sehingga dapat menyebabkan terjadinya penumpukkan jumlah penumpang di *gate*, untuk mengatasi permasalahan tersebut dengan memberikan solusi untuk memaksimalkan fungsi dari kapasitas *gate* yang ada, menentukan berapa persen penumpukan penumpang yang terjadi, berapa perpindahan penumpang antar *gate* apabila terjadi karena *overload capacity* dan *delay* dari jadwal penerbangan yang dilakukan dengan analisis menggunakan pendekatan simulasi sistem dinamik.

### **3.4 Identifikasi Variabel**

Tahapan ini untuk mengidentifikasi variabel dari tiap permasalahan yang sudah disebutkan di sub bab definisi permasalahan. Berikut identifikasi variabel yang perlu dilakukan:

- Jadwal penerbangan domestik
- Jumlah dan kapasitas *gate*

- Jumlah penumpang
- Waktu *delay*
- Laju penambahan penumpang
- Jumlah *gate* yang ditugaskan

### 3.5 Perancangan dan Konseptual Model

Model yang dibuat adalah simulasi sistem dinamik dengan menggunakan *software* STELLA. Dimana digunakan untuk mendesain dan membuat konsep *causal loop diagram*, *stock and flow* yang sesuai untuk penelitian ini. Kemudian dilakukan eksperimen model dengan menginputkan data observasi, dan melakukan eksperimen model dengan perubahan variabel yang dapat diubah-ubah. Tujuan dari penelitian kemudian dicoba untuk digambarkan dalam model yang dijelaskan diatas sesuai dengan variabel yang diamati.

### 3.6 Validasi dan Verifikasi

Pada tahapan ini dilakukan untuk mengetahui apabila model yang dibuat dapat merepresentasikan mendekati kondisi nyata atau tidak. Kemudian apakah dalam model yang dibuat mengandung *error* atau tidak. Validasi dilakukan dengan melakukan pengujian hasil yang didapat dari *running* model dengan membuat set data kecil dibandingkan dengan data histori penelitian.

### 3.7 Penentuan Skenario Kebijakan

Tahap untuk menentukan skenario kebijakan ini bertujuan untuk nantinya digunakan sebagai acuan agar dapat diketahui dampak yang disebabkan dari skenario tersebut bila diterapkan pada model yang telah dibuat. Penentuan skenario dilakukan dengan cara mengubah-ubah nilai variabel yang memiliki pengaruh terhadap sistem model, membuat model baru atau menambahkan model baru ke dalam model lama dan sebagainya. Tahapan ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana kondisi yang sebenarnya ketika terminal bandar udara dalam kondisi yang efektif untuk pemerataan distribusi *gate*. Berikut skenario yang dapat diinputkan dalam kebijakan yang akan diberikan pada penelitian ini:

- **Skenario 1** : Representatif kondisi nyata untuk menunjukkan gambaran hasil model simulasi yang telah dibuat dengan;
  - a. menginputkan model tanpa *delay*
  - b. peningkatan *delay* 3-4 jam sebesar 30%
- **Skenario 2**: Alokasi penugasan *gate* untuk pemerataan total antrian penumpang pada kondisi eksisting.
- **Skenario 3**: Penambahkan *gate* bayangan untuk menampung kelebihan penumpang yang terjadi.

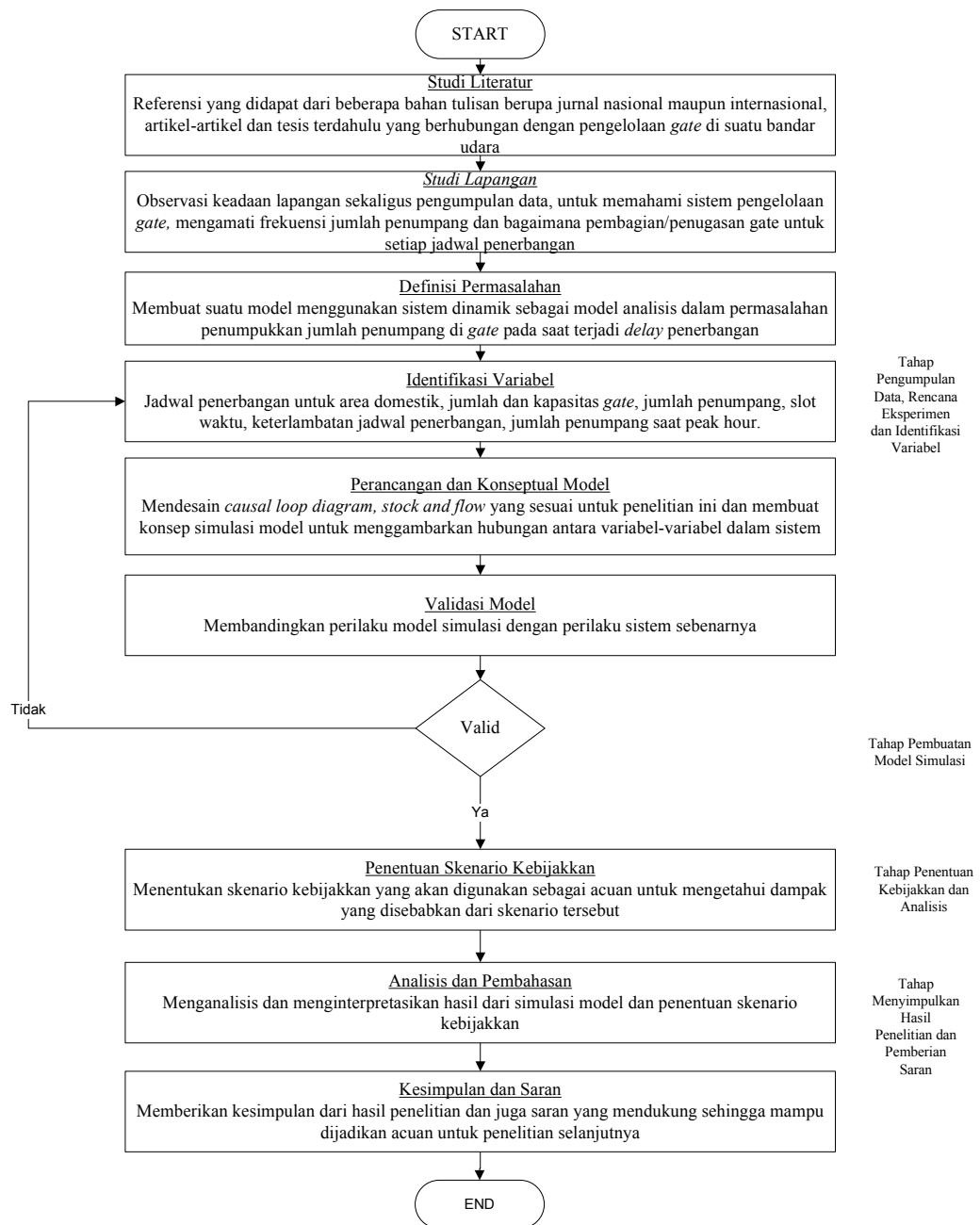
### 3.8 Analisis dan Pembahasan

Dalam tahapan ini dilakukan untuk menganalisis dan menginterpretasikan hasil dari simulasi model agar diketahui perilaku sistem hasil *running* dengan sistem sebenarnya yang diperoleh dari tahapan validasi. Untuk analisis dan interpretasi hasil setelah diterapkannya skenario kebijakan adalah untuk mengetahui bagaimana perilaku variabel setelah disimulasikan pada skenario yang berbeda, setiap skenario akan diuji yang selanjutnya dapat dipilih kebijakan yang sesuai dengan strategi di masing-masing lapangan.

### 3.9 Kesimpulan dan Saran

Pada tahapan kesimpulan, didapatkan setelah proses awal dari perencanaan eksperimen, kemudian menjalankan proses *running* dan dilakukan analisis serta pembahasan selesai dilakukan. Kemudian disimpulkan hasil yang didapat apakah memenuhi tujuan dari penelitian yang dilakukan di awal. Untuk saran yaitu memberikan opini dan masukan yang mendukung secara positif sehingga dapat dijadikan acuan bagi penelitian selanjutnya.





Gambar 3. 1 Diagram Alir dari Proses Penelitian

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

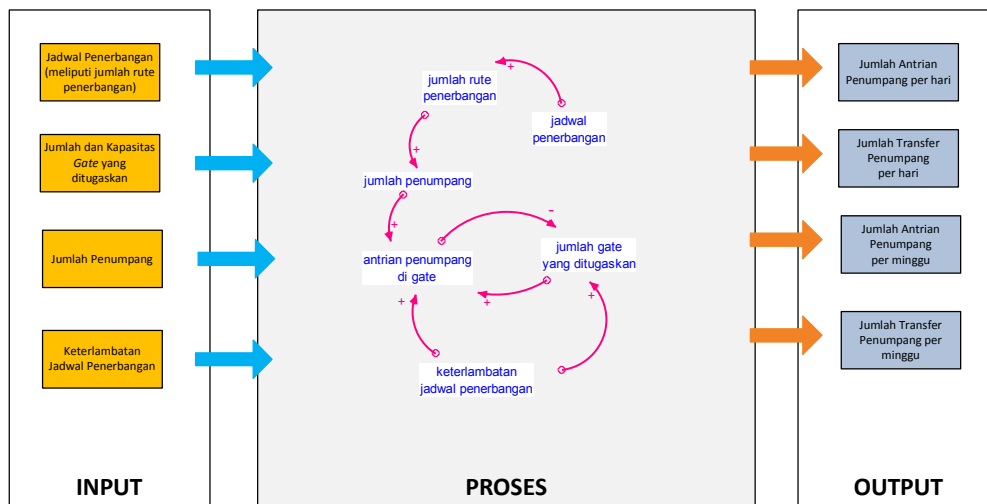
## **BAB 4**

### **PERANCANGAN DAN KONSEPTUAL MODEL**

Pada bab kali ini akan dibahas mengenai perancangan serta formulasi model yang akan digunakan pada penelitian ini untuk mengatasi permasalahan alokasi *gate* yang tepat ketika terjadi penumpukan jumlah penumpang.

#### **4.1 Deskripsi Permasalahan dan Identifikasi Variabel**

Penelitian yang diangkat kali ini membahas mengenai penugasan suatu *gate* di bandar udara ketika meningkatnya jumlah penumpang saat *peak hour* dan terjadi *delay* sehingga mengakibatkan dampak penumpukan jumlah penumpang di *gate* dengan memaksimalkan fungsi dari kapasitas *gate* yang ada. Perencanaan awal dari penugasan *gate* berdasarkan jadwal penerbangan, jadwal penerbangan domestik dipilih pada penelitian ini karena frekuensi penerbangannya cukup tinggi di Indonesia untuk perjalanan-perjalanan antar kota maupun pulau. Setelah diketahui jadwal penerbangan masing-masing maskapai beserta tujuannya kemudian diketahui jumlah penumpang yang akan melakukan perjalanan, jumlah penumpang tersebut akan berada di ruang tunggu keberangkatan sebelum melakukan perjalanan. Ruang tunggu keberangkatan/*gate* sebelumnya sudah diberikan penugasannya masing-masing, contoh pada bandar udara Juanda, penugasan *gate* sesuai dengan maskapai. Ketika jadwal penerbangan *on schedule* seluruh calon penumpang keberangkatan akan berangkat tepat waktu, namun ketika terjadi *delay* akan mengakibatkan antrian atau penumpukan penumpang.



Gambar 4. 1 *Input-Output* Penelitian

#### 4.1.1 Jadwal Penerbangan di Indonesia

Proses keberangkatan dan kedatangan suatu pesawat sudah terjadwal di masing-masing bandar udara yang akan dituju. Jadwal penerbangan menjadi salah satu faktor kritis dari komponen sistem penerbangan, karena frekuensinya yang semakin lama semakin meningkat seiring meningkatnya pula permintaan dari penumpang. Pihak bandar udara akan berkoordinasi dengan masing-masing maskapai yang hendak memberhentikan pesawatnya di bandar udara tersebut, sesudah terbitnya persetujuan izin penerbangan oleh Direktorat Jenderal Perhubungan Udara (Ditjen Hubud), Kementerian Perhubungan. Pada intinya jadwal penerbangan dikeluarkan oleh masing-masing maskapai berdasarkan permintaan tujuan dari penumpang.

Jadwal penerbangan di Indonesia terbagi atas penerbangan dalam lingkup domestik dan lingkup internasional. Saat ini penerbangan internasional cukup meningkat secara signifikan dari permintaan para penumpang yang ingin melakukan perjalanan keluar negeri, namun frekuensi penerbangan domestik masih mendominasi kebutuhan penumpang untuk melakukan perjalanan jarak jauh-dekat menggunakan transportasi udara.

Tabel 4. 1 Jadwal Harian Penerbangan Domestik

Tipe Pesawat	Jadwal Penerbangan	Maskapai	Tujuan	Arrival/Departure	Gate
A 320	4:45	Citilink	Jakarta	<i>Departure</i>	7/8
ATR 72	6:05	Wings Air	Solo	<i>Departure</i>	6
ATR 72	6:05	Wings Air	Bandung	<i>Departure</i>	6
A 320	6:10	Batik Air	Jakarta	<i>Departure</i>	6
A 320	6:10	Lion Air	Banjarmasin	<i>Arrival</i>	7/8
B 738	7:45	Batik Air	Ambon	<i>Departure</i>	6
B 738	8:05	Lion Air	Batam	<i>Arrival</i>	7/8
B 733	9:15	Kalstar	Samarinda	<i>Departure</i>	6
B 738	9:50	Lion Air	Palangkaraya	<i>Departure</i>	7/8
E 195	9:50	Kalstar	Pontianak	<i>Arrival</i>	6
B 733	10:50	SriwijayaAir	Semarang	<i>Arrival</i>	5
B 733	10:50	Sriwijaya Air	Jakarta	<i>Arrival</i>	5
B 734	11:35	Kalstar	Palangkaraya	<i>Departure</i>	6
B 739	11:40	Lion Air	Balikpapan	<i>Departure</i>	7/8
B 739	13:00	Lion Air	Lombok	<i>Arrival</i>	7/8

Sumber: Penulis, Bandar Udara Internasional Juanda (2015)



Gambar 4. 2 Antrian di Pintu Masuk *Gate* di salah satu Bandar Udara



Gambar 4. 3 Penumpukan Penumpang di *Gate* pada Bandar Udara

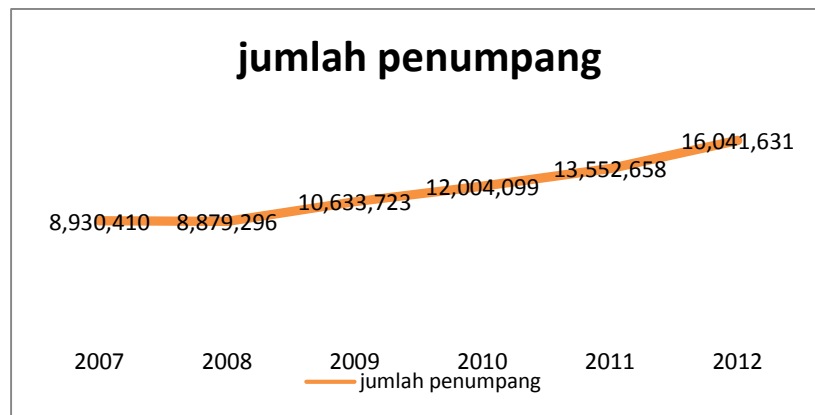
Dengan jadwal penerbangan yang diberikan diatas, pada dasarnya sudah diatur sedemikian rupa. Namun dalam pengoperasian secara langsung faktor *delay* tidak bisa diabaikan. Beberapa faktor operasional yang menyebabkan *delay* menurut UU Penerbangan no. 146 antara lain:

- Bandar udara keberangkatan maupun yang akan dituju mengalami *disruption*/tidak dapat menjalankan operasional pesawat udara
- Faktor lingkungan menuju bandar udara atau landasan terganggu fungsinya misalnya retak, banjir, atau kebakaran
- Terjadinya antrian pesawat udara lepas landas (*take off*), mendarat (*landing*), atau alokasi waktu keberangkatan (*departure slot time*) di bandar udara, dsb

Dengan semakin meningkatnya frekuensi penerbangan maka ketepatan waktu dari penerbangan akan semakin diperhitungkan. Menurut laporan jurnalis berita, Rezy (2015), dalam 1 tahun frekuensi penerbangan domestik salah satu maskapai di Indonesia mencapai 182 penerbangan per hari pada tahun 2014 lalu, sedangkan untuk rata-rata tingkat ketepatan waktu dari penerbangannya atau yang disebut *on time performance* mencapai 82,4%. Dari jumlah yang muncul tersebut dapat dilihat bahwa kurang lebih sekitar 20% mengalami keterlambatan penerbangan atau *delay*.

#### **4.1.2 Fungsi dan Kapasitas Ruang Tunggu (*Gate*)**

Keterlambatan penerbangan atau *delay* menjadi salah satu faktor dari permasalahan kali ini. Dapat dipastikan bahwa semakin meningkat frekuensi penggunaan transportasi udara oleh penumpang dengan berbagai pertimbangan yang ada, akan meningkatkan pula kapasitas dari suatu bandar udara dalam menjalankan perannya sebagai fasilitator, baik untuk penumpang maupun masing-masing maskapai di dalamnya. Menurut Data Sim, Tapor dan Humas Bandara Internasional Juanda (2013) pertumbuhan penumpang terjadi seperti yang terdapat pada gambar,



Gambar 4. 4 Data Pergerakan Lalu Lintas Transportasi Udara

Jadwal penerbangan yang terdapat pada suatu bandar udara pada dasarnya meliputi waktu, tujuan, maskapai, kedatangan/keberangkatan dan penugasan *gate* nya. Penugasan *gate* menjadi salah satu perencanaan tugas dari suatu bandar udara. Pada waktu tertentu apabila terjadi *delay* maka diharapkan suatu bandar udara telah memiliki perencanaan atau antisipasi untuk menghindari terjadinya penumpukan jumlah penumpang. Bagaimana membagi kapasitas *gate* yang sudah ada supaya terbagi atau terdistribusi secara optimal bagi penumpang apabila terjadi *overload capacity* di *gate*. Bagaimana mengatur penugasan *gate* apabila jadwal penerbangan mengalami *delay*. Terjadinya *delay* sudah dipastikan akan mempengaruhi kenyamanan penumpang yang secara terpaksa menunggu lebih lama dari jadwal yang sudah ditentukan. Proses menunggu tersebut dijalankan penumpang di area ruang tunggu bandar udara atau biasa yang disebut dengan *gate*. Pembagian penugasan *gate* untuk masing-masing jadwal penerbangan telah dijalankan sesuai dengan kapasitas penumpang yang ada.

Tabel 4. 2 Spesifikasi Ruang Tunggu Keberangkatan di Bandar Udara Internasional Juanda

Ruang Tunggu	Luas Tunggu R.	Jumlah Pax (Peak)	Per Pax (standar) m <sup>2</sup>	Ruang/Pax (m <sup>2</sup> )
5	413	461	2,04	0,90
6	556.2	333	2,04	1,67
7	544	263	2,04	1,03
8	544	263	2,04	1,03

Laporan Peralatan Dinas Pelayanan Sisi Darat Bandar Udara Juanda, (2013)

Pada saat *peak hour* atau waktu puncak dimana segala aktifitas sedang meningkat, jumlah penumpang akan mengalami lonjakan yang cukup signifikan dari kapasitas yang ada, belum lagi ditambah dengan faktor *delay* penerbangan, hal tersebut semakin memicu pihak bandar udara untuk mengambil keputusan untuk dapat meningkatkan fasilitasnya, seperti contoh memperluas bangunan atau dapat melakukan perencanaan alokasi *gate* yang sesuai berdasarkan jadwal yang ada.

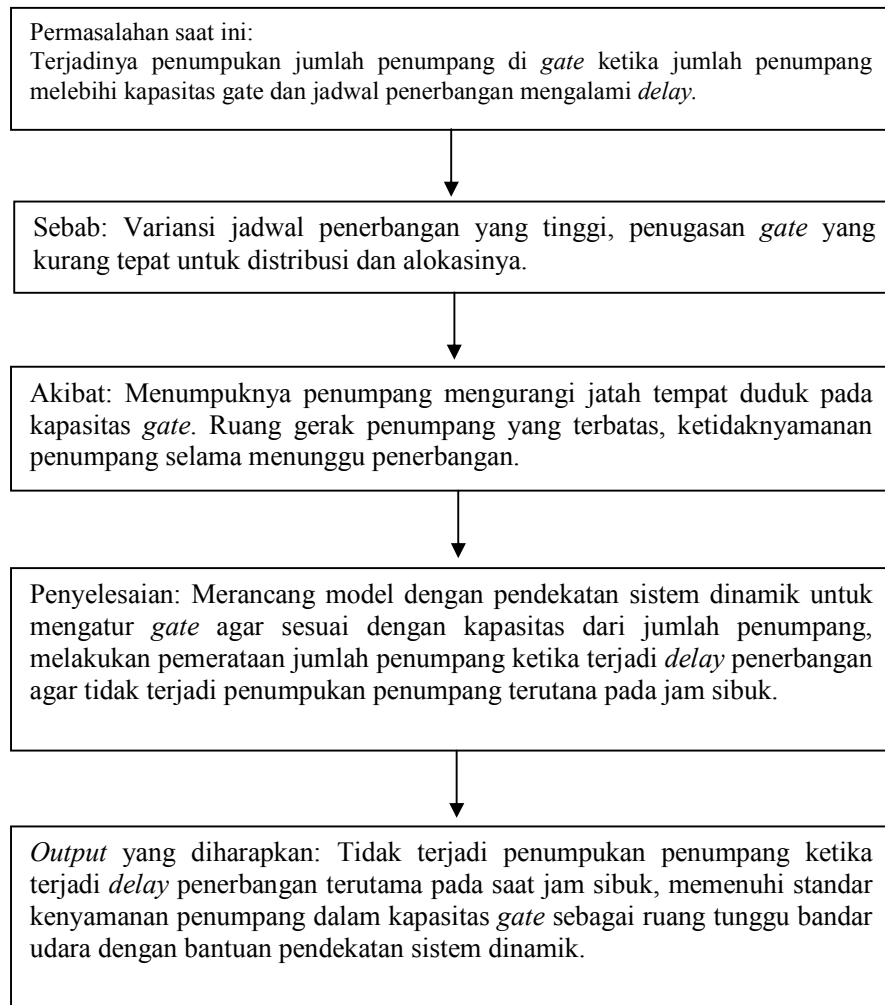
Tabel 4. 3 Jumlah Penumpang Berangkat pada Waktu Sibuk Agustus 2013

No.	Tanggal	Penumpang Berangkat Waktu Sibuk			
		R. Tunggu 5	R. Tunggu 6	R. Tunggu 7	R. Tunggu 8
1	5 Agustus	380	333	263	263
2	6 Agustus	363	397	283	283
3	7 Agustus	331	428	290	290
4	8 Agustus	265	415	182	182
5	9 Agustus	305	421	257	257
6	10 Agustus	269	403	327	327
7	11 Agustus	267	457	401	401

Divisi Pelayanan Operasi, Bandar Udara Internasional Juanda, (2013)

Dengan kondisi yang terjadi pada penerbangan di Indonesia, yang masih memiliki potensi *delay* penerbangan, kemudian dari observasi di lapangan secara nyata berkaitan dengan peningkatan jumlah penumpang untuk permintaan pada sektor transportasi udara, maka pihak fasilitator yakni bandar udara perlu meninjau kembali kondisi yang ada saat ini untuk menentukan langkah-langkah agar dapat mengatasi masalah kapasitas ruang tunggu keberangkatan domestik supaya mampu menampung jumlah penumpang keberangkatan pada *peak hour*. Karena kenyamanan penumpang merupakan *level of service* yang diperhitungkan bandar udara sebagai penyedia fasilitasnya.





Gambar 4. 5 Flowchart Definisi dan Identifikasi Permasalahan

#### 4.1.3 Identifikasi Kondisi Eksisting

Berikut ini merupakan jadwal penerbangan pada April tahun 2015, dengan mengoperasikan 4 *gate* yakni *gate* 5, 6, 7, 8, yang memiliki kapasitas penumpang berbeda, diberikan masing-masing jadwal penerbangan pada *gate-gate* tersebut. Dimulai dari *gate* 5 kemudian *gate* 6, 7 dan 8 sesuai pada tabel yang tertera di bawah ini, kemudian akan diinputkan satu per satu sesuai dengan urutan jadwal penerbangan dan jumlah penumpangnya dengan menggunakan *excel* terlebih dulu,

Tabel 4. 4 Jadwal Penerbangan pada *Gate 5*

	Waktu	Jenis Pesawat	Jumlah Penumpang	Tujuan
04:00-04:59			0	
05:00-05:59			0	
06:00-06:59			0	
07:00-07:59	7:45	ID 6391	54	CGK
08:00-08:59	8:25	ID 6174	123	AMQ
09:00-09:59			0	
10:00-10:59			0	
11:00-11:59			0	
12:00-12:59			0	
13:00-13:59			0	
14:00-14:59			0	
15:00-15:59	15:00	ID 6417	138	CGK
16:00-16:59			0	
17:00-17:59			0	
18:00-18:59			0	
19:00-19:59			0	
20:00-20:59			0	
21:00-21:59	21:00	ID 6309	116	CGK
22:00-22:59			0	
23:00-23:59			0	

Tabel 4. 5 Jadwal Penerbangan pada *Gate 6*

	Waktu	Jenis Pesawat	Jumlah Penumpang	Tujuan
04:00-04:59			0	
05:00-05:59			0	
06:00-06:59	6:00	SJ 570	290	DPS
07:00-07:59			0	
08:00-08:59			0	
09:00-09:59	9:15	KD 711	145	SMQ
10:00-10:59	10:50	SJ 562	145	SRG/CGK
11:00-11:59	11:35	SJ 566	90	PKN
12:00-12:59			0	

Tabel 4. 6 Jadwal Penerbangan pada Gate 6 (Lanjutan)

	Waktu	Jenis Pesawat	Jumlah Penumpang	Tujuan
13:00-13:59			0	
14:00-14:59	14:00	SJ 254	136	KOE
15:00-15:59	15:00	SJ 269	180	BPN
16:00-16:59			0	
17:00-17:59			0	
18:00-18:59	18:30	SJ 267	140	CGK
19:00-19:59	19:10	KD 651	57	PON
20:00-20:59			0	
21:00-21:59	21:45	SJ 570	112	UPG
22:00-22:59			0	
23:00-23:59	23:00	SJ 562	108	UPG

Tabel 4. 7 Jadwal Penerbangan pada Gate 7

	Waktu	Jenis Pesawat	Jumlah Penumpang	Tujuan
04:00-04:59	4:45	QG 816	99	HLP
05:00-05:59			0	
06:00-06:59	6:05	IW 1905	18	SOC
07:00-07:59	7:20	IW 1917	215	BPN
08:00-08:59	8:05	JT 262	188	BTH
09:00-09:59	9:50	JT 971	186	PKY
10:00-10:59			0	
11:00-11:59	11:40	JT 680	193	BPN
12:00-12:59				
13:00-13:59	13:00	JT 178	165	LOP
14:00-14:59	14:20	JT 749	211	CGK
15:00-15:59	15:20	JT 268	221	TRK
16:00-16:59			0	
17:00-17:59			0	
18:00-18:59	18:30	JT 730	410	BPN
19:00-19:59			0	
20:00-20:59			0	
21:00-21:59			0	
22:00-22:59			0	
23:00-23:59	23:20	QG 650	63	UPG

Tabel 4. 8 Jadwal Penerbangan pada *Gate 8*

	Waktu	Jenis Pesawat	Jumlah Penumpang	Tujuan
04:00-04:59			0	
05:00-05:59	5:05	QG 816	314	HLP
06:00-06:59	6:20	QG 630	270	BPN
07:00-07:59	7:10	QG 608	163	UPG
08:00-08:59	8:15	JT 314	157	BTH
09:00-09:59	9:25	QG 802	114	CGK
10:00-10:59	10:00	QG 784	270	PKY
11:00-11:59	11:15	QG 632	336	BPN
12:00-12:59	12:00	QG 804	409	CGK
13:00-13:59			0	
14:00-14:59			0	
15:00-15:59			0	
16:00-16:59	13:00	QG 818	178	BPN
17:00-17:59	15:30	JT 260	179	LOP
18:00-18:59	18:20	QG 646	224	DPS
19:00-19:59	19:35	QG 184	146	HLP
20:00-20:59			0	
21:00-21:59			0	
22:00-22:59			0	
23:00-23:59			0	

Masing-masing *gate* yang ditugaskan memiliki kapasitas yang berbeda untuk menampung penumpang keberangkatan. Misalnya pada *gate 5* memiliki kapasitas muat penumpang sejumlah 191 orang, *gate 6* memiliki kapasitas 254 orang, *gate 7* dan 8 berkapasitas 253 orang. Kemudian pada kasus di lapangan, keberangkatan penumpang dapat melonjak bahkan melebihi kapasitas dari *gate-gate* tersebut, akibatnya akan terjadi penumpukan penumpang pada waktu tertentu. Dengan menggunakan perhitungan *excel* kemudian diinputkan data dari lapangan berikut ini didapatkan penumpukan jumlah penumpang yang terjadi karena *overload capacity gate*.

#### 4.1.3.1 Kondisi Eksisting *Gate 5*

Berikut ini merupakan data untuk kondisi eksisting yang terdapat pada *gate 5* di bandar udara Juanda. Sesuai dengan tabel sebelumnya kemudian

diinputkan pada *excel* untuk mengetahui penumpukan penumpang yang terjadi pada saat *overload capacity* dan *delay* penerbangan.

Tabel 4. 9 Data Penumpang di Gate 5 Pukul 04:00-13:00 WIB

	04:00-04:59	05:00-05:59	06:00-06:59	07:00-07:59	08:00-08:59	09:00-09:59	10:00-10:59	11:00-11:59	12:00-12:59	13:00-13:59
<b>Delay</b>	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-
<b>Kapasitas Gate 5</b>	191	191	191	191	191	191	191	191	191	191
Kedatangan penumpang	-	-	54	123	-	-	-	-	-	-
Tumpukan on schedule penumpang	-	-	-	54	123	-	-	-	-	-
Tumpukan Antrian 1jam	-	-	-	54	-	-	-	-	-	-
Tumpukan Antrian 2jam	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tumpukan Antrian 3jam	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tumpukan Antrian 4jam	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>TOTAL ANTRIAN</b>	-	-	-	54	-	-	-	-	-	-
Keberangkatan on schedule	-	-	-	-	123	-	-	-	-	-
Keberangkatan delay 1jam	-	-	-	-	54	-	-	-	-	-
Keberangkatan delay 2jam	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Keberangkatan delay 3jam	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Keberangkatan delay 4jam	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>TOTAL KEBERANGKATAN</b>	-	-	-	-	177	-	-	-	-	-

Tabel 4. 10 Data Penumpang di Gate 5 Pukul 14:00-23:00 WIB

	10:00-10:59	11:00-11:59	12:00-12:59	13:00-13:59	14:00-14:59	15:00-15:59	16:00-16:59	17:00-17:59	18:00-18:59	19:00-19:59	20:00-20:59	21:00-21:59	22:00-22:59	23:00-23:59
<b>Delay</b>	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1	-	-
<b>Kapasitas Gate 5</b>	191	191	191	191	191	191	191	191	191	191	191	191	191	191
Kedatangan penumpang	-	-	-	-	138	-	-	-	-	-	116	-	-	-
Tumpukan on schedule penumpang	-	-	-	-	138	-	-	-	-	-	-	116	-	-
Tumpukan Antrian 1jam	-	-	-	-	138	-	-	-	-	-	-	116	-	-
Tumpukan Antrian 2jam	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tumpukan Antrian 3jam	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tumpukan Antrian 4jam	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>TOTAL ANTRIAN</b>	-	-	-	-	138	-	-	-	-	-	-	116	-	-
Keberangkatan on schedule	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Keberangkatan delay 1jam	-	-	-	-	-	138	-	-	-	-	-	-	116	-
Keberangkatan delay 2jam	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Keberangkatan delay 3jam	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Keberangkatan delay 4jam	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>TOTAL KEBERANGKATAN</b>	-	-	-	-	-	138	-	-	-	-	-	-	116	-

Data diatas merupakan kondisi eksisting dari *gate 5* dengan kapasitas muat penumpang sejumlah 191 orang. Kedatangan penumpang terjadi diasumsikan sama rata yaitu 1 jam sebelum jadwal keberangkatan yang sebenarnya. Misalnya pukul 06:00 WIB terdapat kedatangan penumpang sejumlah 54 orang, pukul 06:00 WIB tersebut merupakan *boarding time* sebelum waktu keberangkatan sebenarnya yakni pukul 07:00 WIB. Namun pada jadwal tersebut mengalami keterlambatan penerbangan atau *delay* selama 1 jam, maka sejumlah 54 orang akan masuk kategori antrian *delay* 1 jam. *Delay* 1 jam yang terjadi pada pukul 07:00 WIB dengan jumlah penumpang 54 orang yang akan menunggu keberangkatannya akan menambahkan penumpang penerbangan yang pada jadwal pukul 8 terdapat kedatangan sejumlah 123 orang, maka bertambah penumpang pada *range* waktu tersebut menjadi 177 orang. Pada *range* waktu berikutnya yakni

pukul 15:00-15:59 WIB terdapat penerbangan dengan jumlah penumpang 138 orang yang mengalami *delay* selama 1 jam, maka akan termasuk kategori antrian *delay* 1 jam, karena pada 1 jam tersebut tidak ada jadwal penerbangan lain maka tidak terjadi penambahan jumlah penumpang. Pada *range* waktu pukul 21:00-21:59 WIB juga terdapat kedatangan penumpang dengan jumlah 116 orang yang juga mengalami keterlambatan jadwal penerbangan selama 1 jam dan akan masuk kategori antrian *delay* 1 jam, maka keberangkatan akan menjadi pukul 22:00 WIB. Keberangkatan penumpang di *gate* 5, masing-masing jumlah penumpangnya tidak ada yang melebihi kapasitas dari *gate* tersebut atau tidak terjadi *overload capacity*.

#### 4.1.3.2 Kondisi Eksisting Gate 6

Data dibawah ini merupakan kondisi eksisting yang terjadi pada *gate* 6. Dengan jadwal penerbangan beserta jumlah penumpang dari masing-masing penerbangan tersebut menempati *range* waktu lama menunggu di *gate*.

Tabel 4. 11 Data Penumpang di Gate 6 Pukul 04:00-13:00 WIB

	04:00-04:59	05:00-05:59	06:00-06:59	07:00-07:59	08:00-08:59	09:00-09:59	10:00-10:59	11:00-11:59	12:00-12:59	13:00-13:59
<b>Delay</b>	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-
<b>Kapasitas Gate 6</b>	254	254	254	254	254	254	254	254	254	254
Kedatangan penumpang	-	290	-	-	145	145	90	-	-	136
Tumpukan on schedule penumpang	-	-	290	-	-	145	145	90	-	-
Tumpukan Antrian 1jam	-	-	-	-	-	145	-	-	-	-
Tumpukan Antrian 2jam	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tumpukan Antrian 3jam	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tumpukan Antrian 4jam	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>TOTAL ANTRIAN</b>	-	-	-	-	-	145	-	-	-	-
Keberangkatan on schedule	-	-	254	-	-	-	145	90	-	-
Keberangkatan delay 1jam	-	-	-	-	-	-	109	-	-	-
Keberangkatan delay 2jam	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Keberangkatan delay 3jam	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Keberangkatan delay 4jam	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>TOTAL KEBERANGKATAN</b>	-	-	254	-	-	-	254	90	-	-

Tabel 4. 12 Data Penumpang di Gate 6 Pukul 14:00-23:00 WIB

	10:00-10:59	11:00-11:59	12:00-12:59	13:00-13:59	14:00-14:59	15:00-15:59	16:00-16:59	17:00-17:59	18:00-18:59	19:00-19:59	20:00-20:59	21:00-21:59	22:00-22:59	23:00-23:59
<b>Delay</b>	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Kapasitas Gate 6</b>	254	254	254	254	254	254	254	254	254	254	254	254	254	254
Kedatangan penumpang	90	-	-	136	180	-	-	140	57	-	112	-	108	-
Tumpukan on schedule penumpang	145	90	-	-	136	180	-	-	140	57	-	112	-	108
Tumpukan Antrian 1jam	-	-	-	-	136	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tumpukan Antrian 2jam	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tumpukan Antrian 3jam	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tumpukan Antrian 4jam	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>TOTAL ANTRIAN</b>	-	-	-	-	136	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Keberangkatan on schedule	145	90	-	-	-	180	-	-	140	57	-	112	-	108
Keberangkatan delay 1jam	109	-	-	-	-	74	-	-	-	-	-	-	-	-
Keberangkatan delay 2jam	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Keberangkatan delay 3jam	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Keberangkatan delay 4jam	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>TOTAL KEBERANGKATAN</b>	254	90	-	-	-	254	-	-	140	57	-	112	-	108

Tabel 4.12 merupakan data eksisting yang terdapat pada *gate* 6. Dengan operasional *gate* yang terjadi selama dalam *range* waktu 1 jam, dimulai pada pukul 04:00 WIB, dapat dilihat bahwa penerbangan pertama terjadi pada jadwal penerbangan pukul 06:00 WIB dengan kedatangan jumlah penumpang 290 orang yang artinya melebihi kapasitas *gate* dan diketahui hanya sejumlah 254 orang yang dapat diberangkatkan dari *gate* 6 maka hal tersebut akan menyebabkan penumpukan. Selanjutnya pada pukul 09:00 WIB terdapat penerbangan dengan jumlah penumpang 145 orang, maka kedatangan penumpang terjadi 1 jam sebelum keberangkatan yakni pukul 08:00 WIB, namun jadwal keberangkatan semestinya mengalami *delay* 1 jam dan akan mengakibatkan penumpukan karena pada pukul 09:00 WIB terdapat kedatangan penumpang untuk jadwal penerbangan pukul 10:00 dengan jumlah yang sama yakni 145 orang. Jam berikutnya pukul 11:00 WIB terdapat penerbangan dengan jumlah penumpang 90, tidak terjadi *delay* atau *overload capacity* maka pada jadwal tersebut dapat berangkat *on schedule*. Kemudian pada *range* waktu pukul 14:00 WIB terdapat jadwal penerbangan dengan jumlah penumpang 136 orang, maka terjadi kedatangan penumpangnya 1 jam sebelumnya yakni pukul 13:00 WIB, namun jadwal keberangkatan asli mengalami *delay* 1 jam dan pada saat yang sama terjadi kedatangan penumpang sejumlah 180 orang untuk jadwal penerbangan pukul 15:00 WIB. Berikutnya mengikuti pola keberangkatan sebelum-sebelumnya yaitu terdapat kedatangan penumpang sejumlah 140 orang untuk keberangkatan pukul 18:00 WIB dan pukul 18:00 WIB terjadi kedatangan berikutnya untuk penerbangan pukul 19:00 WIB sejumlah 57 orang, selain itu kedatangan penumpang berikutnya pukul 20:00 WIB yakni untuk penerbangan pukul 21:00 sejumlah 112 orang dan kedatangan yang lain untuk penerbangan pukul 23:00 sejumlah 108 orang. Keempat penerbangan yang disebutkan di akhir tidak mengalami *delay* maupun *overload capacity* yang dapat mengakibatkan penumpukan jumlah penumpang.

#### 4.1.3.3 Kondisi Eksisting Gate 7

Data selanjutnya yang diberikan adalah kondisi eksisting dari gate 7. Berikut merupakan tabel dari jadwal penerbangan dan perhitungan penumpukan penumpang pada saat terjadi *delay* dan kelebihan kapasitas gate.

Tabel 4. 13 Data Penumpang di Gate 7 Pukul 04:00-13:00 WIB

	03:00-03:59	04:00-04:59	05:00-05:59	06:00-06:59	07:00-07:59	08:00-08:59	09:00-09:59	10:00-10:59	11:00-11:59	12:00-12:59	13:00-13:59
<b>Delay</b>	-	-	-	-	2	2	1	-	3	-	-
<b>Kapasitas Gate 7</b>	253	253	253	253	253	253	253	253	253	253	253
Kedatangan penumpang	99	-	18	215	188	186	-	193	-	165	211
Tumpukan on schedule penumpang	-	99	-	18	215	188	186	-	193	-	165
Tumpukan Antrian 1jam	-	-	-	-	-	-	186	-	-	-	-
Tumpukan Antrian 2jam	-	-	-	-	215	188	-	-	-	-	-
Tumpukan Antrian 3jam	-	-	-	-	-	-	-	-	193	-	-
Tumpukan Antrian 4jam	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>TOTAL ANTRIAN</b>	-	-	-	-	215	188	186	-	193	-	-
Keberangkatan on schedule	-	99	-	18	-	-	-	-	-	-	165
Keberangkatan delay 1jam	-	-	-	-	-	-	-	186	-	-	-
Keberangkatan delay 2jam	-	-	-	-	-	-	215	67	-	-	-
Keberangkatan delay 3jam	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Keberangkatan delay 4jam	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>TOTAL KEBERANGKATAN</b>	-	99	-	18	-	-	215	253	-	-	165

Tabel 4. 14 Data Penumpang di Gate 7 Pukul 14:00-23:00 WIB

	10:00-10:59	11:00-11:59	12:00-12:59	13:00-13:59	14:00-14:59	15:00-15:59	16:00-16:59	17:00-17:59	18:00-18:59	19:00-19:59	20:00-20:59	21:00-21:59	22:00-22:59	23:00-23:59
<b>Delay</b>	-	3	-	2	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-
<b>Kapasitas Gate 7</b>	253	253	253	253	253	253	253	253	253	253	253	253	253	253
Kedatangan penumpang	193	-	165	211	221	-	-	410	-	-	-	-	63	-
Tumpukan on schedule penumpang	-	193	-	165	211	221	-	-	410	-	-	-	-	63
Tumpukan Antrian 1jam	-	-	-	-	211	-	-	-	410	-	-	-	-	-
Tumpukan Antrian 2jam	-	-	-	165	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tumpukan Antrian 3jam	-	193	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tumpukan Antrian 4jam	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>TOTAL ANTRIAN</b>	-	193	-	165	211	-	-	-	410	-	-	-	-	-
Keberangkatan on schedule	-	-	-	-	-	221	-	-	-	-	-	-	-	63
Keberangkatan delay 1jam	186	-	-	-	-	32	-	-	-	253	-	-	-	-
Keberangkatan delay 2jam	67	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Keberangkatan delay 3jam	-	-	-	-	193	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Keberangkatan delay 4jam	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>TOTAL KEBERANGKATAN</b>	253	-	-	-	193	253	-	-	-	253	-	-	-	63

Kondisi eksisting yang terjadi pada gate 7 dapat dilihat dari jadwal penerbangan di awal kemudian diinputkan ke dalam perhitungan *excel* didapatkan hasil seperti diatas. Pada gate 7 ini probabilitas terjadi *delay* semakin banyak dan lama. Karena dari jumlah penerbangan yang lebih banyak apabila dibandingkan dengan gate 5 dan 6. Dimulai pada kedatangan penumpang pukul 3:00 WIB untuk jadwal keberangkatan pukul 04:00 WIB sejumlah 99 orang, kemudian pada *range* waktu pukul 05:00 WIB terjadi kedatangan penumpang sejumlah 18 orang untuk keberangkatan pukul 06:00 WIB, setelah keberangkatan pukul 06:00 WIB selesai kemudian kedatangan penumpang sejumlah 215 orang terjadi untuk jadwal keberangkatan pukul 07:00 WIB, namun jadwal tersebut mengalami *delay* selama



2 jam, maka akan bergeser ke tumpukan penumpang untuk antrian *delay* 2 jam. Pada pukul 07:00 WIB kedatangan lain sejumlah 188 orang untuk jadwal penerbangan pukul 08:00 WIB terjadi *delay* yang sama selama 2 jam dan akan bergeser ke penumpukan antrian *delay* 2 jam dan seterusnya mengikuti pola-pola sebelumnya.

#### 4.1.3.4 Kondisi Eksisting Gate 8

Kondisi eksisting pada *gate* terakhir yang dioperasikan pada penelitian ini yaitu *gate* 8, berikut ini merupakan data eksisting yang terjadi pada *gate* 8.

Tabel 4. 15 Data Penumpang di Gate 8 Pukul 04:00-13:00 WIB

	04:00-04:	05:00-05:	06:00-06:	07:00-07:	08:00-08:	09:00-09:	10:00-10:	11:00-11:	12:00-12:	13:00-13:	14:00-14:
<b>Delay</b>	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-
<b>Kapasitas Gate 8</b>	253	253	253	253	253	253	253	253	253	253	253
Kedatangan penumpang	314	270	163	157	114	270	336	409	-	-	-
Tumpukan on schedule penumpang	-	314	270	163	157	114	270	336	409	-	-
Tumpukan Antrian 1jam	-	-	-	-	157	-	-	-	-	-	-
Tumpukan Antrian 2jam	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tumpukan Antrian 3jam	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tumpukan Antrian 4jam	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>TOTAL ANTRIAN</b>	-	-	-	-	157	-	-	-	-	-	-
Keberangkatan on schedule	-	253	253	163	-	114	253	253	253	-	-
Keberangkatan delay 1jam	-	-	-	-	-	139	-	-	-	-	-
Keberangkatan delay 2jam	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Keberangkatan delay 3jam	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Keberangkatan delay 4jam	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>TOTAL KEBERANGKATAN</b>	-	253	253	163	-	253	253	253	253	-	-

Tabel 4. 16 Data Penumpang di Gate 8 Pukul 14:00-23:00 WIB

	14:00-14:	15:00-15:	16:00-16:	17:00-17:	18:00-18:	19:00-19:	20:00-20:	21:00-21:	22:00-22:	23:00-23:5
<b>Delay</b>	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-
<b>Kapasitas Gate 8</b>	253	253	253	253	253	253	253	253	253	253
Kedatangan penumpang	-	178	179	224	146	-	-	-	-	-
Tumpukan on schedule penumpang	-	-	178	179	224	146	-	-	-	-
Tumpukan Antrian 1jam	-	-	-	179	224	-	-	-	-	-
Tumpukan Antrian 2jam	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tumpukan Antrian 3jam	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tumpukan Antrian 4jam	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>TOTAL ANTRIAN</b>	-	-	-	179	224	-	-	-	-	-
Keberangkatan on schedule	-	-	178	-	-	146	-	-	-	-
Keberangkatan delay 1jam	-	-	-	-	179	107	-	-	-	-
Keberangkatan delay 2jam	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Keberangkatan delay 3jam	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Keberangkatan delay 4jam	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>TOTAL KEBERANGKATAN</b>	-	-	178	-	179	253	-	-	-	-

Kondisi eksisting yang terjadi pada *gate* 8 atau *gate* terakhir yang dioperasikan pada penelitian ini seperti yang tertera pada tabel diatas, dengan menginputkan data eksisting jadwal penerbangan dan jumlah penumpang yang akan berangkat di awal kemudian diberikan kondisi *real* lapangan pula ketika terjadi *delay* maupun

*overload capacity gate*. Penerbangan pertama untuk keberangkatan pukul 05:00 WIB, terjadi kedatangan penumpang 1 jam sebelumnya sejumlah 314 orang yang artinya melebihi kapasitas *gate* 8 yang hanya dapat menampung 253 orang. Pada jadwal tersebut tidak mengalami *delay*, namun *overload capacity* tidak bisa dihindari dikarenakan jumlah penumpang yang berangkat melebihi kapasitas *gate*. Pada waktu yang bersamaan kedatangan penumpang berikutnya sejumlah 270 orang untuk penerbangan di pukul 06:00 WIB dan mengalami kelebihan kapasitas muat pada *gate* tersebut pula. Kedatangan penumpang berikutnya sejumlah 163 orang di waktu yang sama terjadi untuk jadwal penerbangan pukul 07:00 WIB berjalan *on schedule* dan tidak akan menyebabkan penumpukan penumpang karena jadwal pukul 07:00 mengalami tidak *delay* pada saat yang sama, karena selanjutnya terjadi kedatangan penumpang sejumlah 157 orang untuk penerbangan pukul 08:00 WIB. Penerbangan tersebut dengan jumlah penumpang 157 orang mengalami *delay* selama 1 jam namun tidak terjadi *delay* penerbangan.

Kemudian pada pukul 08:00 WIB juga terjadi kedatangan penumpang sejumlah 114 orang untuk keberangkatan pukul 09:00 WIB, karena sebelumnya terdapat 157 orang yang belum berangkat yang disebabkan oleh *delay* maka terjadi penumpukan penumpang sejumlah tersebut. Pukul 09:00 WIB terjadi kedatangan penumpang sejumlah 270 orang untuk jadwal penerbangan pukul 10:00 WIB dan pada jadwal penerbangan tersebut terjadi kedatangan penumpang sejumlah 336 orang, jumlah tersebut jelas akan melebihi kapasitas dari *gate* namun tidak mengalami *delay*. Berikutnya pada pukul 11:00 WIB terjadi kedatangan penumpang sejumlah 409 orang yang sangat menyebabkan *overload capacity* pada *gate* yang ditugaskan, tidak terjadi keterlambatan *delay* namun tetap terjadi antrian karena kelebihan kapasitas yang terjadi.

Pada pukul 15:00 WIB terjadi kedatangan penumpang sejumlah 178 orang untuk jadwal keberangkatan pukul 16:00 WIB, jadwal keberangkatan ini tidak mengalami *delay*. Pukul 16:00 WIB terdapat kedatangan penumpang sejumlah 179 orang untuk keberangkatan pukul 17:00 WIB, kemudian pada jadwal keberangkatan ini mengalami *delay* selama 1 jam. Kedatangan selanjutnya terjadi pada pukul 17:00 WIB dengan jumlah penumpang 224 orang, keberangkatan tersebut mengalami *delay* 1 jam namun pada *range* waktu ke sebelumnya terdapat

jumlah penumpang akibat *delay* sejumlah 179 orang maka akan terjadi penumpukan penumpang. Untuk keberangkatan jadwal pukul 18:00 WIB terjadi kedatangan penumpang sejumlah 146 orang, tidak terjadi kelebihan kapasitas muat penumpang namun terjadi keterlambatan jadwal penerbangan selama 1 jam.

Keberangkatan *delay* yang terdapat pada tabel, merupakan hasil pengurangan antara kapasitas *gate* dengan tumpukan antrian pada *delay* yang sama. Dikarenakan tumpukan antrian bukan hanya berasal dari faktor *delay* saja namun juga dari faktor kelebihan kapasitas muat *gate*. Se jauh pengamatan pada kondisi eksisting, kurang dari atau lebih dari kapasitas *gate* akan tetap diberangkatkan sejumlah penerbangan, tentu saja hal negatifnya akan terjadi penumpukan penumpang yang dapat mengurangi kenyamanan dalam bandar udara. Pada penelitian ini akan diberikan perancangan model ketika penumpukan yang terjadi akan diberikan sistem transfer penumpang antar *gate* yang terdapat *slot* jadwal kosong agar dapat menampung kelebihan-kelebihan penumpang yang terjadi.

#### **4.2 Perancangan Model Simulasi Sistem Dinamik**

Perancangan model simulasi dengan menggunakan metode sistem dinamik tahapan awalnya adalah melakukan identifikasi variabel-variabel yang menjadi input yang terkait dengan permasalahan penumpukan jumlah penumpang di *gate*.

Dari identifikasi permasalahan yang sudah dijabarkan diatas maka dapat ditemukan variabel-variabel tetap yang dapat ditentukan dan akan digunakan dalam menjalankan model *causal loop diagram* yang dibuat sebelumnya, adapun variabel-variabel yang akan ditunjukkan pada model *causal loop diagram* dalam penelitian ini adalah sebagai berikut,

- Jumlah rute penerbangan
- Jumlah penumpang pada *gate* yang telah ditugaskan (pax)
- Keterlambatan jadwal penerbangan (jam)
- Antrian di *gate* (pax)
- Jumlah *gate* yang ditugaskan (ruang)

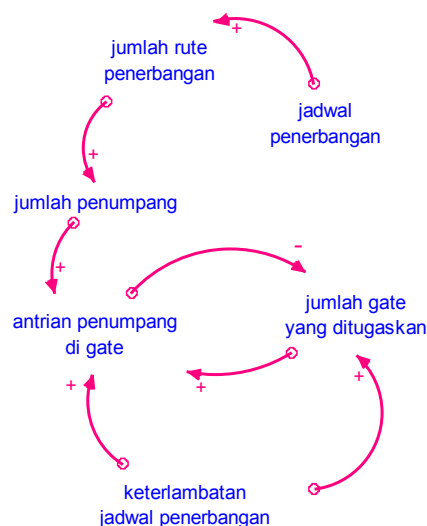
#### 4.2.1 Causal Loop Diagram

Penelitian ini dijalankan dengan melakukan pendekatan simulasi sistem dinamik. Dengan variabel-variabel pokok pada obyek penelitian yang ada, berikut model dari *causal loop diagram*,

*Causal loop diagram* (CLD) sendiri merupakan struktur umpan balik dari suatu sistem utama yang telah dibuat. CLD memiliki suatu tanda positif dan negatif untuk mewakili hubungan dari sistem di dalamnya,

- Positif (+) : jika penyebab naik, akibat akan naik (pertumbuhan, penguatan), jika penyebab turun, akibat akan turun.
- Negatif (-) : jika penyebab naik, akibat akan turun, jika penyebab turun, akibat akan naik.

Pada penelitian ini, model *causal loop diagram* nya pada tanda positif pada keterlambatan jadwal penerbangan akan mempengaruhi antrian di *gate* atau apabila keterlambatan jadwal penerbangan meningkat maka antrian di *gate* juga ikut meningkat. Untuk pola *feedback loop* terjadi pada antrian *gate* dan jumlah *gate* yang ditugaskan. Semakin sedikit jumlah *gate* yang ditugaskan maka antrian penumpang di *gate* akan semakin meningkat.



Gambar 4. 6 Model Causal Loop Diagram Penelitian Ini

Definisi dari masing-masing variabel yang dibuat dijelaskan secara singkat seperti berikut ini,

Tabel 4. 17 Definisi Variabel *Causal Loop Diagram*

No.	Variabel	Definisi
1	Jadwal Penerbangan	Jadwal Penerbangan yang terdapat pada bandar udara
2	Jumlah rute penerbangan	Merupakan total rute penerbangan yang terdapat pada 1 <i>gate</i> .
3	Jumlah penumpang	Jumlah penumpang dapat diketahui dari kapasitas pesawat yang akan dioperasikan
4	Keterlambatan jadwal penerbangan	Waktu keterlambatan penerbangan yang dialami oleh maskapai dan berdampak pada penumpang
5	Antrian di <i>gate</i>	Antrian/penumpukan penumpang yang menunggu keberangkatan.
6	Jumlah <i>Gate</i> yang ditugaskan	Jumlah <i>gate</i> yang ditugaskan adalah jumlah <i>gate</i> yang digunakan pada saat aktifitas penerbangan terjadi, mempengaruhi dan dipengaruhi oleh jumlah penumpang

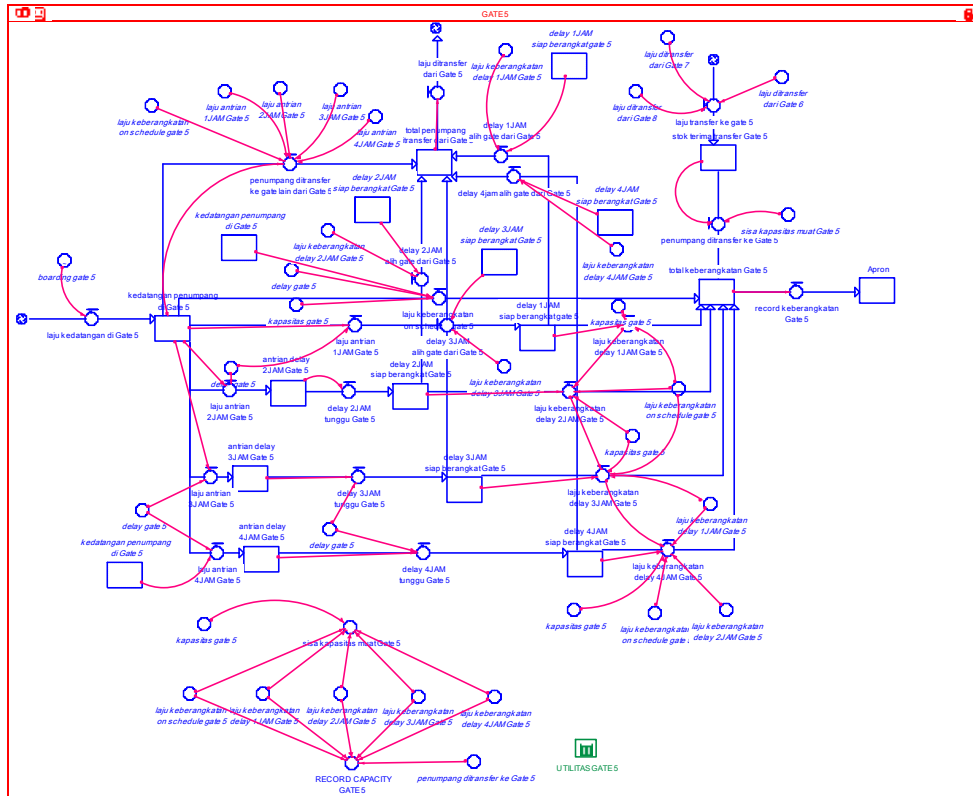
Dengan dilakukan perancangan *causal loop diagram* dengan variabel terkait akan mempermudah pemahaman atas keterkaitan variabel dan juga seberapa besar pengaruh variabel terhadap perilaku dari sistem nyata.

#### 4.2.2 *Stock and Flow Diagram* Kondisi Eksisting

Setelah dilakukan penentuan variabel dan keterkaitan dari apa yang akan diamati dalam proses *causal loop diagram*, selanjutnya melakukan perancangan *stock and flow diagram*. Pada tahapan ini digunakan untuk dapat menunjukan hubungan antar variabel yang akan direpresentasikan melalui *software* STELLA. Dipilihnya *software* tersebut karena kemampuannya dalam pembacaan data secara terstruktur dan bergantian yang merupakan ciri-ciri suatu kedinamisan. Selain itu untuk menunjukan keterkaitan antar variabel, perancangan *stock and flow* ini diharapkan mampu membangun suatu pengaruh kebijakan terhadap sistem yang diamati.

Perancangan model *stock and flow diagram* pada permasalahan terjadinya penumpukan jumlah penumpang yang disebabkan oleh dua faktor *overload capacity gate* dan keterlambatan jadwal penerbangan, diharapkan mampu menjadi

bahan untuk analisis bagaimana suatu simulasi model merepresentasikan penugasan/pembagian area ruang tunggu (*gate*) di bandar udara pada kondisi eksisting.



Gambar 4. 7 Model Eksisting *Stock and Flow* dalam Penugasan Gate 5

Gambar kondisi eksisting diatas menggambarkan sub model keberangkatan penumpang di gate 5, pertama melalui proses *boarding* 1 jam sebelum jadwal keberangkatan sebenarnya, kemudian mengalir melalui *inflow* laju keberangkatan di gate 5 menuju *stock* dari kedatangan penumpang di gate 5 yang akan terbang. Kedatangan penumpang tersebut terbagi atas keberangkatan *on schedule*, dan *delay* atau keterlambatan jadwal penerbangan. Maka pada model terbagi atas antrian *delay* 1 jam di gate 5, antrian 2 jam di gate 5, antrian *delay* 3 jam di gate 5 dan antrian *delay* 4 jam di gate 5. Pada masing-masing *delay* akan berangkat sesuai dengan waktu siap berangkatnya yang ditunjukan pada *stock delay* 1 jam siap berangkat di gate 5 dan akan berakhir di total keberangkatan gate 5 untuk selanjutnya menuju *apron*.

Tabel 4. 18 Definisi Variabel *Stock and Flow* Skenario Umum

No.	Variabel	Definisi	Kategori	Satuan
1	<i>Boarding time</i> pada <i>gate</i> 5, 6, 7, 8	Kedatangan jumlah penumpang 1 jam sebelum jadwal keberangkatan yang akan menuju ke <i>gate</i> 5, 6, 7, 8	<i>converter</i>	Hours
2	Kedatangan penumpang di <i>gate</i> 5, 6, 7, 8	Kedatangan calon penumpang di <i>gate</i>	<i>stock</i>	Pax
3	Penumpang di transfer ke <i>gate</i> lain dari <i>gate</i> 5	Sisa penumpang yang terkena <i>delay</i> atau kelebihan kapasitas di <i>gate</i> 5	<i>converter</i>	Pax
4	Penumpang di transfer ke <i>gate</i> lain dari <i>gate</i> 6	Sisa penumpang yang terkena <i>delay</i> atau kelebihan kapasitas di <i>gate</i> 6	<i>converter</i>	Pax
5	Penumpang di transfer ke <i>gate</i> lain dari <i>gate</i> 7	Sisa penumpang yang terkena <i>delay</i> atau kelebihan kapasitas di <i>gate</i> 7	<i>converter</i>	Pax
6	Penumpang di transfer ke <i>gate</i> lain dari <i>gate</i> 8	Sisa penumpang yang terkena <i>delay</i> atau kelebihan kapasitas di <i>gate</i> 8	<i>converter</i>	Pax

Tabel 4. 19 Definisi Variabel *Stock and Flow* Skenario Umum (Lanjutan)

No.	Variabel	Definisi	Kategori	Satuan
7	Total penumpang di transfer dari <i>gate</i> 5	Laju penumpang yang ditransfer dari <i>gate</i> 5	<i>stock</i>	Pax
8	Total penumpang di transfer dari <i>gate</i> 6	Laju penumpang yang ditransfer dari <i>gate</i> 6	<i>stock</i>	Pax
9	Total penumpang di transfer dari <i>gate</i> 7	Laju penumpang yang ditransfer dari <i>gate</i> 7	<i>stock</i>	Pax
10	Total penumpang di transfer dari <i>gate</i> 8	Laju penumpang yang ditransfer dari <i>gate</i> 8	<i>stock</i>	Pax
11	Laju <i>Delay</i> 4 jam alih <i>gate</i> dari <i>gate</i> 5, 6, 7, 8	Sisa penumpang <i>delay</i> 4 jam yang melebihi kapasitas <i>gate</i> 5, 6, 7, 8	<i>flow</i>	
12	<i>Delay</i> 1 jam siap berangkat dari <i>gate</i> 5, 6, 7, 8	Penumpang dengan <i>delay</i> 1 jam yang jumlahnya kurang dari/sama dengan kapasitas	<i>stock</i>	Pax
13	<i>Delay</i> 2 jam siap berangkat dari <i>gate</i> 5, 6, 7, 8	Penumpang dengan <i>delay</i> 2 jam yang jumlahnya kurang dari/sama dengan kapasitas	<i>stock</i>	Pax
14	<i>Delay</i> 3 jam siap berangkat dari <i>gate</i> 5, 6, 7, 8	Penumpang dengan <i>delay</i> 3 jam yang jumlahnya kurang dari/sama dengan kapasitas	<i>stock</i>	Pax
15	<i>Delay</i> 4 jam siap berangkat dari <i>gate</i> 5, 6, 7, 8	Penumpang dengan <i>delay</i> 4 jam yang jumlahnya kurang dari/sama dengan kapasitas	<i>stock</i>	Pax



Tabel 4. 20 Definisi Variabel *Stock and Flow* Skenario Umum (Lanjutan)

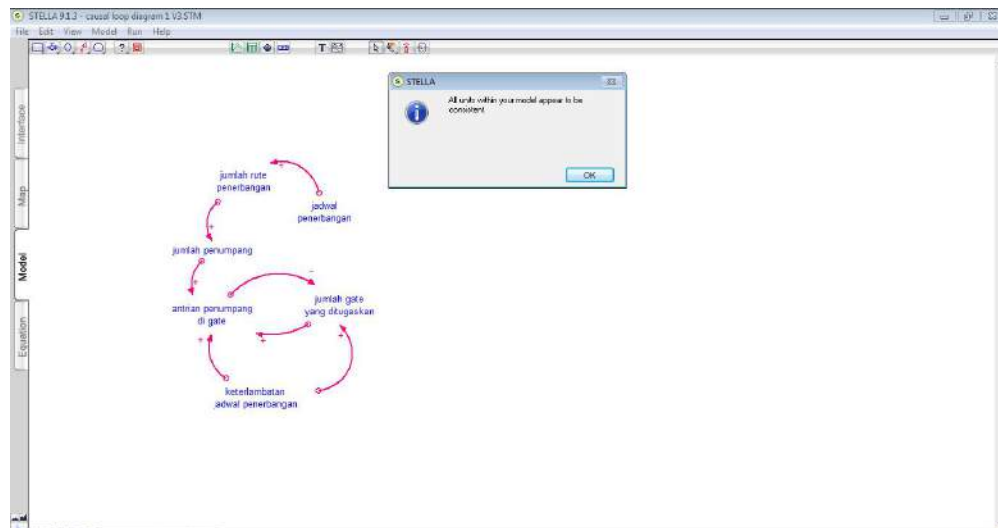
No.	Variabel	Definisi	Kategori	Satuan
16	<i>Stock</i> terima transfer <i>gate</i> 5	Akumulasi laju penumpang dari <i>gate</i> lain ke <i>gate</i> 5	<i>stock</i>	Pax
17	<i>Stock</i> terima transfer <i>gate</i> 6	Akumulasi laju penumpang dari <i>gate</i> lain ke <i>gate</i> 6	<i>stock</i>	Pax
18	<i>Stock</i> terima transfer <i>gate</i> 7	Akumulasi laju penumpang dari <i>gate</i> lain ke <i>gate</i> 7	<i>stock</i>	Pax
19	<i>Stock</i> terima transfer <i>gate</i> 8	Akumulasi laju penumpang dari <i>gate</i> lain ke <i>gate</i> 8	<i>stock</i>	Pax
20	Sisa kapasitas muat <i>gate</i> 5	Kapasitas muat penumpang di <i>gate</i> 5 yang tersisa	<i>converter</i>	Pax
21	Sisa kapasitas muat <i>gate</i> 6	Kapasitas muat penumpang di <i>gate</i> 6 yang tersisa	<i>converter</i>	Pax
22	Sisa kapasitas muat <i>gate</i> 7	Kapasitas muat penumpang di <i>gate</i> 7 yang tersisa	<i>converter</i>	Pax
23	Sisa kapasitas muat <i>gate</i> 8	Kapasitas muat penumpang di <i>gate</i> 8 yang tersisa	<i>converter</i>	Pax
24	Penumpang di transfer ke <i>gate</i> 5	Penumpang transfer yang jumlahnya kurang dari/sama dengan sisa kapasitas muat <i>gate</i> 5	<i>converter</i>	Pax
25	Penumpang di transfer ke <i>gate</i> 6	Penumpang transfer yang jumlahnya kurang dari/sama dengan sisa kapasitas muat <i>gate</i> 6	<i>converter</i>	Pax

Tabel 4. 21 Definisi Variabel *Stock and Flow* Skenario Umum (Lanjutan)

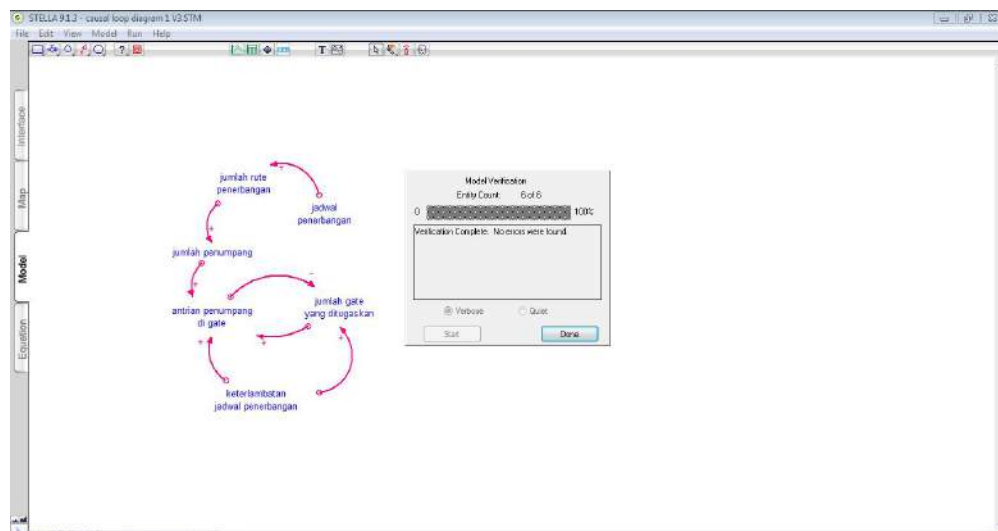
No.	Variabel	Definisi	Kategori	Satuan
26	Penumpang di transfer ke <i>gate</i> 7	Penumpang transfer yang jumlahnya kurang dari/sama dengan sisa kapasitas muat <i>gate</i> 7	<i>converter</i>	Pax
27	Penumpang di transfer ke <i>gate</i> 8	Penumpang transfer yang jumlahnya kurang dari/sama dengan sisa kapasitas muat <i>gate</i> 8	<i>converter</i>	Pax
28	Total keberangkatan <i>gate</i> 5	Akumulasi jumlah keberangkatan penumpang <i>gate</i> 5	<i>stock</i>	Pax
29	Total keberangkatan <i>gate</i> 6	Akumulasi jumlah keberangkatan penumpang <i>gate</i> 6	<i>stock</i>	Pax
30	Total keberangkatan <i>gate</i> 7	Akumulasi jumlah keberangkatan penumpang <i>gate</i> 7	<i>stock</i>	Pax
31	Total keberangkatan <i>gate</i> 8	Akumulasi jumlah keberangkatan penumpang <i>gate</i> 8	<i>stock</i>	Pax
32	<i>Delay gate</i> 5	Waktu keterlambatan jadwal penerbangan di <i>gate</i> 5	<i>converter</i>	Hours
33	<i>Delay gate</i> 6	Waktu keterlambatan jadwal penerbangan di <i>gate</i> 6	<i>converter</i>	Hours
34	<i>Delay gate</i> 7	Waktu keterlambatan jadwal penerbangan di <i>gate</i> 7	<i>converter</i>	Hours
35	<i>Delay gate</i> 8	Waktu keterlambatan jadwal penerbangan di <i>gate</i> 8	<i>converter</i>	Hours
36	Sisa Kapasitas Muat <i>Gate</i> 5, 6, 7, 8	Mengetahui jumlah penumpang yang datang sesuai dengan kapasitas <i>gate</i> 5, 6, 7, 8	<i>converter</i>	Pax
37	Kapasitas <i>gate</i> 5, 6, 7, 8	Daya tampung <i>gate</i> 5, 6, 7, 8 sebagai tempat ruang tunggu penumpang	<i>converter</i>	Pax
38	<i>Apron</i>	Jumlah penumpang yang siap berangkat	<i>stock</i>	Pax

### 4.3 Verifikasi dan Validasi Model Simulasi

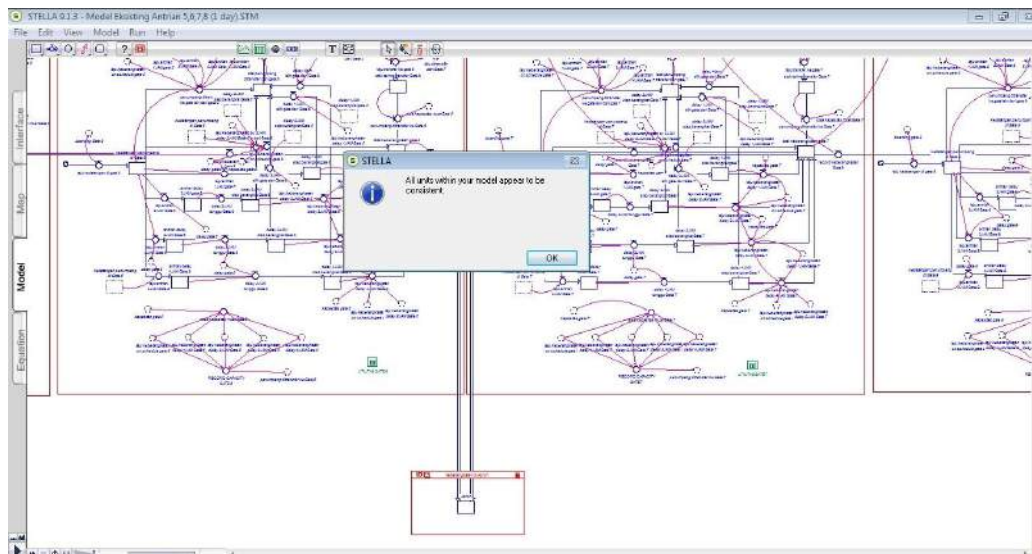
Proses verifikasi model simulasi bertujuan untuk mengetahui apakah model yang telah dibuat telah sesuai dan data yang digunakan sudah tepat serta kekonsistensian dari ekspresi pada model, Daellenbach & McNickle (2005). Berikut ini merupakan proses verifikasi model simulasi dari *causal loop diagram* penelitian ini,



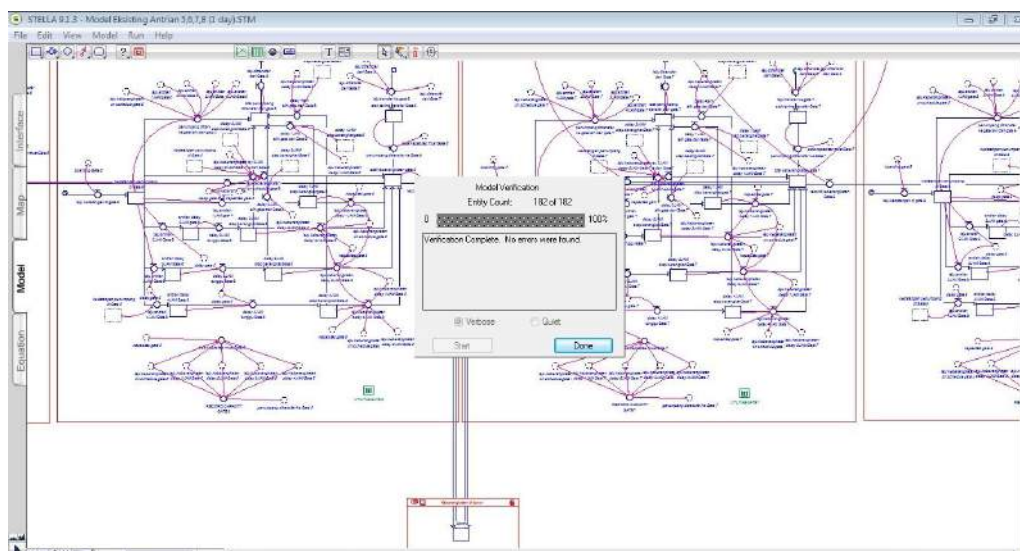
Gambar 4. 8 Check Unit Model Causal loop diagram



Gambar 4. 9 Verifikasi Model Causal Loop Diagram



Gambar 4. 10 *Check Unit Stock and Flow diagram Model Eksisting*



Gambar 4. 11 *Verifikasi Stock and Flow diagram Model Eksisting*

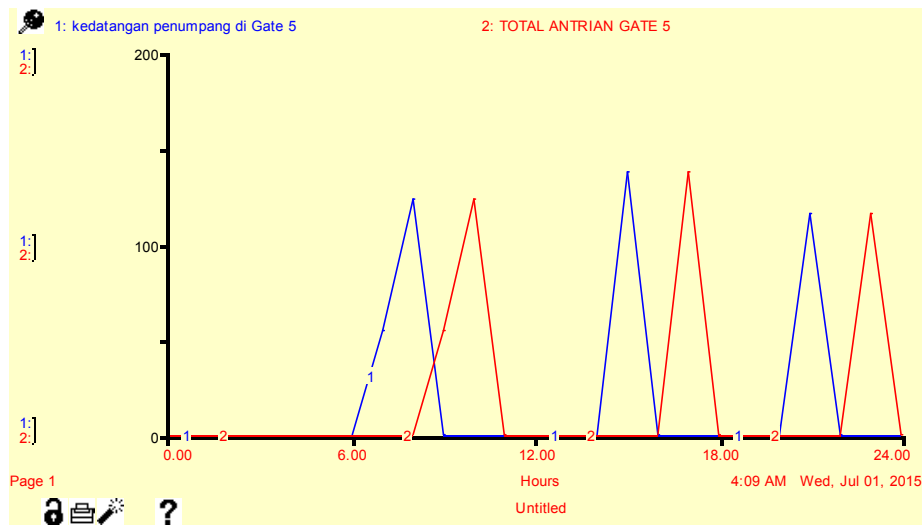
Kemudian dilakukan proses validasi model simulasi setelah tahapan identifikasi kondisi eksisting telah dilakukan lebih dulu. Dalam melakukan proses validasi, pengujian yang digunakan dapat dilakukan dengan cara uji struktur serta uji perilaku modelnya, Schrekengost (1985). Berikut ini adalah tahapan validasi pada model simulasi sistem dinamik penelitian kali ini adalah dengan melakukan uji struktur, uji parameter dan uji output dari hasil simulasi.

#### **4.3.1 Uji Struktur Model Simulasi**

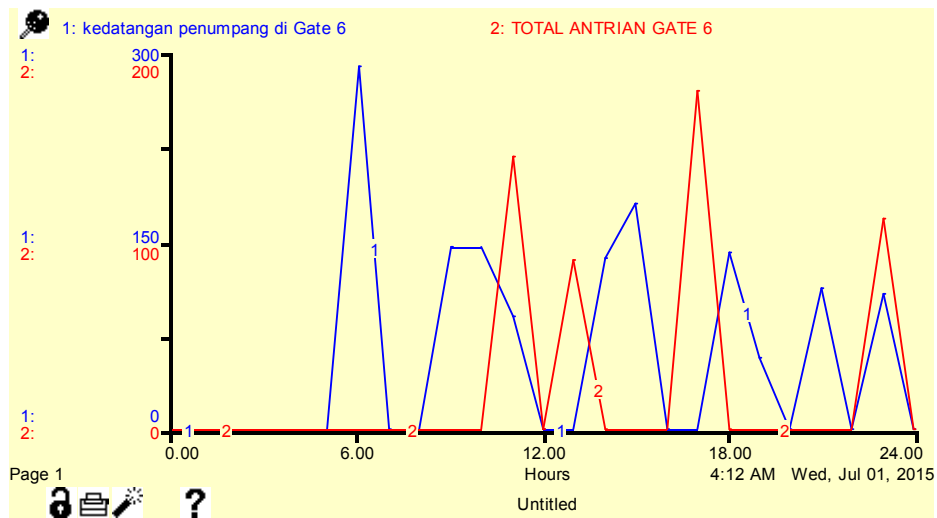
Pengujian struktur dari model simulasi yang dibuat, dilakukan untuk mengetahui dan melihat apakah sudah sesuai atau memiliki kesamaan dengan kondisi nyata yang terjadi. Pengamatan untuk pengujian struktur model simulasi ini dilakukan dengan 2 pendekatan yang dilakukan, pertama adalah melakukan proses identifikasi dan observasi lapangan secara langsung, serta mendapatkan data yang mampu mendukung penelitian mengenai kondisi *real* dari obyek amatan. Setelah dilakukan identifikasi, pengamat selanjutnya melakukan hipotesa atau dugaan yang kemungkinan dapat terjadi pada obyek amatan. Kedua, pengamat melakukan diskusi berupa wawancara mengenai amatan yang coba untuk dirancang melalui hipotesa yang telah dibuat sebelumnya, apakah struktur model eksisting telah cocok dengan kondisi yang terdapat pada kondisi nyata, disini adalah penugasan *gate* di suatu bandar udara. Proses wawancara tentang sistem dan obyek amatan di lapangan dilakukan pada *staff* ahli *Airport Operational Section*, *Airport Service Section* dan Terminal Inspektorat di Bandar Udara Internasional Juanda.

#### **4.3.2 Uji Parameter Model Simulasi**

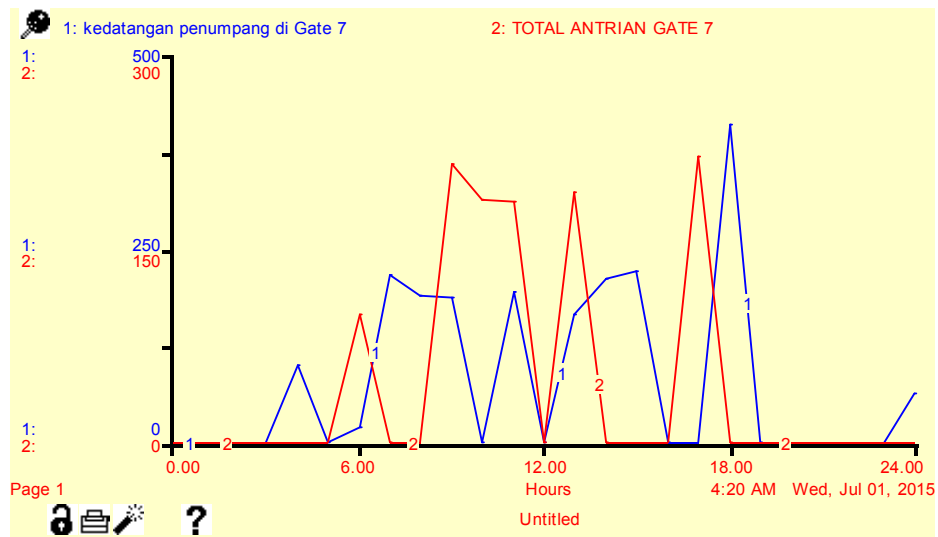
Pengujian parameter dari simulasi model yang telah dibuat dimaksudkan untuk mengetahui konsistensi dari nilai keluaran model simulasi. Pengujian parameter ini dilakukan dengan cara validasi dari variabel input dan validasi logika dari variabel-variabel yang telah dirancang dalam satu sistem model simulasi. Uji parameter dilakukan pada model eksisting yang memiliki input data yang berbeda-beda, berikut ini merupakan simulasinya,



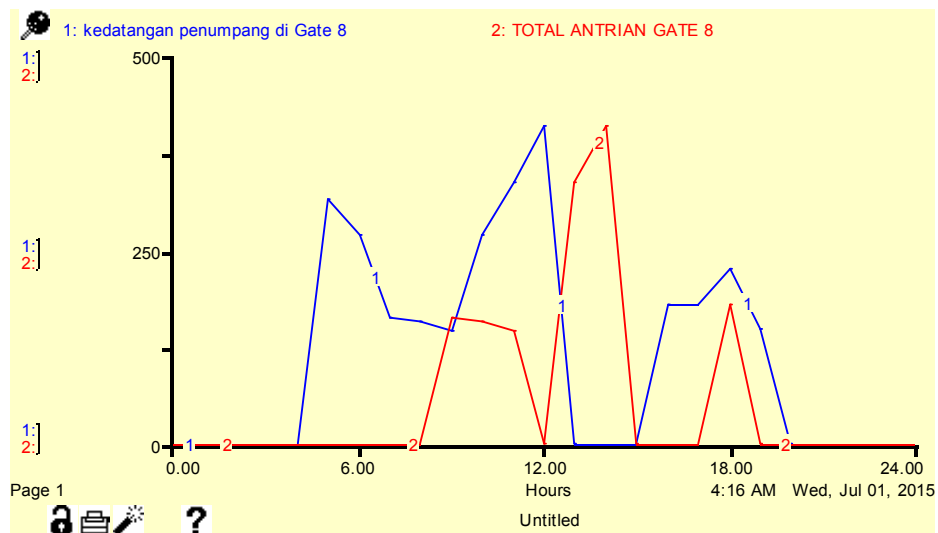
(a) Sub Model Gate 5 Untuk Kedatangan-Total Antrian



(b) Sub Model Gate 6 Untuk Total Antrian-Keberangkatan



(c) Sub Model Gate 7 Untuk Total Antrian-Keberangkatan



(d) Sub Model Gate 8 Untuk Total Antrian-Keberangkatan

Gambar 4. 12 Uji Parameter Masing-Masing Gate

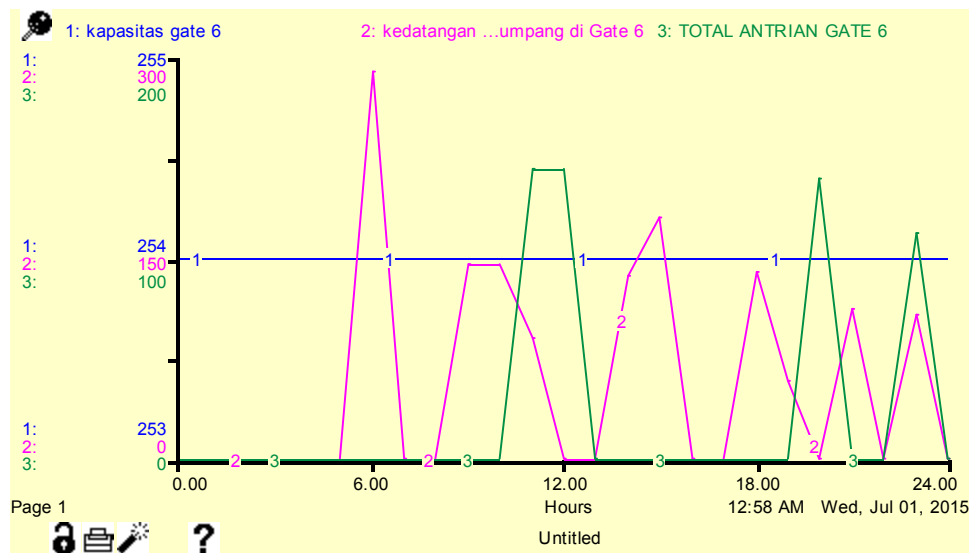
Berdasarkan gambar grafik yang dihasilkan diatas dari hasil uji parameter yang dilakukan pada masing-masing *gate* yang menjadi submodel, dapat dilihat bahwa variabel yang ditampilkan pada masing-masing submodel telah mengikuti hubungan antar variabel kedatangan penumpang dan total dari penumpukan penumpang yang terjadi. Total penumpukan penumpang terjadi dari kedatangan penumpang, baik kejadian *overload capacity* maupun *delay* penerbangan.

#### 4.3.3 Uji Kecukupan Batasan Model Simulasi

Pengujian kecukupan batasan dilakukan untuk mengetahui apakah variabel-variabel yang diinputkan dalam sistem berpengaruh signifikan terhadap tujuan dari model simulasi. Karena dalam penelitian menggunakan model simulasi setiap entitas yang memiliki kaitan dengan model harus diinputkan sesuai dengan yang ada dalam kondisi eksisting/nyata. Pengujian ini dilakukan selama proses pembuatan model, dengan menguji coba masing-masing variabel ke dalam model simulasi yang telah dibuat apakah variabel-variabel tersebut memiliki pengaruh yang cukup signifikan untuk membuat perubahan pada model, apabila tidak maka dihapuskan.

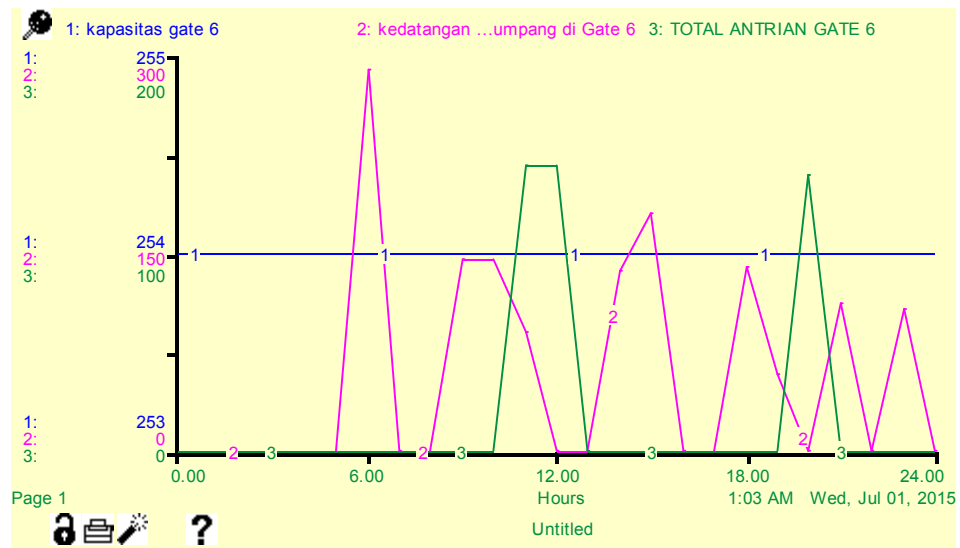
#### 4.3.4 Uji Kondisi Ekstrim Model Simulasi

Pada pengujian kondisi ekstrim untuk model simulasi ini berfungsi agar dapat mengetahui kemampuan model berjalan dengan baik dalam kondisi normal hingga kondisi ekstrim sehingga nantinya mampu memberikan pengaruh untuk dibuat suatu kebijakan. Pengujian kondisi ekstrim dilakukan dengan cara menginputkan nilai normal, nilai terendah hingga nilai tertinggi pada variabel yang dimainkan yakni variabel *delay*.

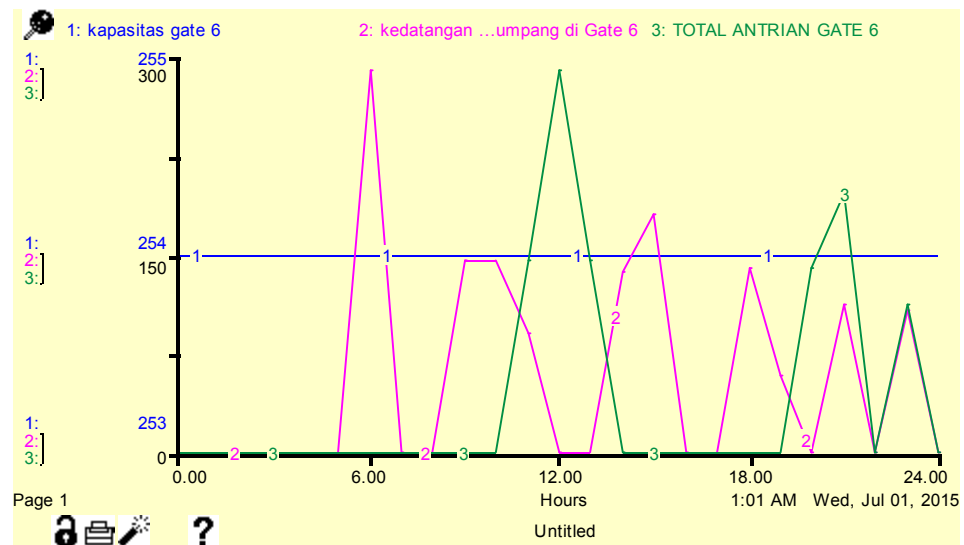


(a) nilai normal





(b) nilai terendah



(c) nilai tertinggi

Gambar 4. 13 Uji Kondisi Ekstrim pada Sub Model Gate 6

Hasil yang didapatkan adalah saat diinputkan masing-masing nilai kondisi ekstrim, pola dari hasil *running* pada uji kali ini tidak jauh berbeda, cenderung memiliki pola perilaku yang sama, dapat disimpulkan bahwa model berfungsi sesuai dengan logika tujuan dalam kondisi normal, rendah maupun tinggi.

#### 4.3.5 Uji Perilaku Model Simulasi

Kondisi eksisting yang direpresentasikan pada model sistem dinamik meliputi 4 ruang tunggu atau *gate* yaitu *gate* 5, 6, 7, 8 dengan 2 kondisi yang terjadi di lapangan yaitu kemungkinan terjadinya *delay* penerbangan dan *overload capacity* yang harus diterbangkan melalui masing-masing *gate* tersebut. Kemudian hasil *output* yang dikeluarkan model simulasi selanjutnya dibandingkan dengan data historis yang dimiliki dari obeservasi lapangan.

Pada uji perilaku model untuk validasi ini digunakan model validasi Barlas untuk mengetahui apakah model simulasi yang telah dirancang dapat menghasilkan *output* yang dapat diterima, Barlas (1989).

$$E = \frac{|S / A|}{A} \quad (4.1)$$

Dengan keterangan persamaan rumus *error* sebagai berikut,

A= Data Aktual

S= Data Simulasi

E= Variansi *error* data aktual dengan data simulasi, dimana

apabila  $E < 0,1$ , maka model dikatakan *valid*.

Data yang akan diuji adalah data total antrian penumpang model simulasi dan data kondisi eksisting, maka didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 4. 22 Perhitungan *Error* Data Kondisi Eksisting dengan Data Simulasi Total Antrian Seluruh *Gate*

	Gate 5	Gate 6	Gate 7	Gate 8	Rata-rata Nilai Error
<b>Eksisting</b>	308	281	1568	560	
<b>Simulasi</b>	308	527	1698	1263	
<b>Error</b>	0.003246753	0.006674181	0.00069063	0.004027423	0.003659747

Tabel 4. 23 Perhitungan *Error* Data Kondisi Eksisting dengan Data Simulasi Total Penumpang Transfer Seluruh *Gate*

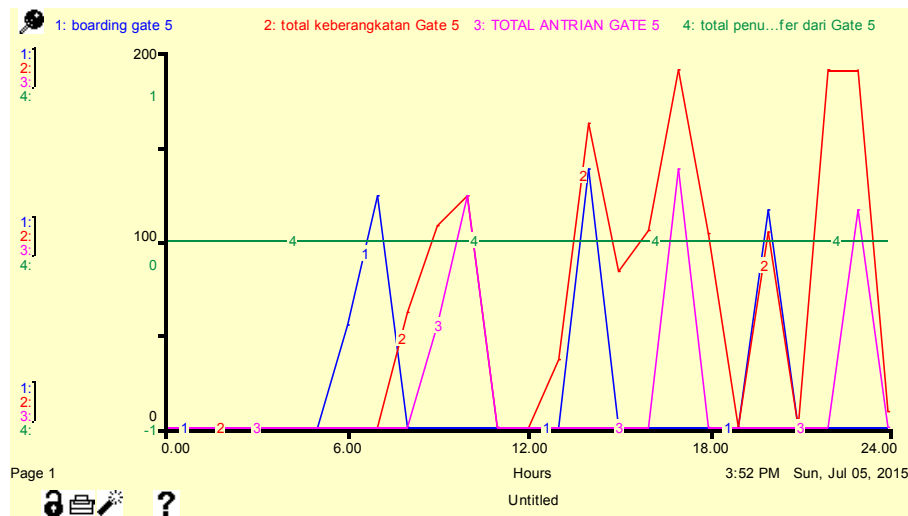
	Gate 5	Gate 6	Gate 7	Gate 8	Rata-rata Nilai Error
<b>Eksisting</b>	0	134	280	389	
<b>Simulasi</b>	0	72	280	551	
<b>Error</b>	0	0.00401	0.003571	0.003641	0.002805624

#### 4.4 *Running* Simulasi Model

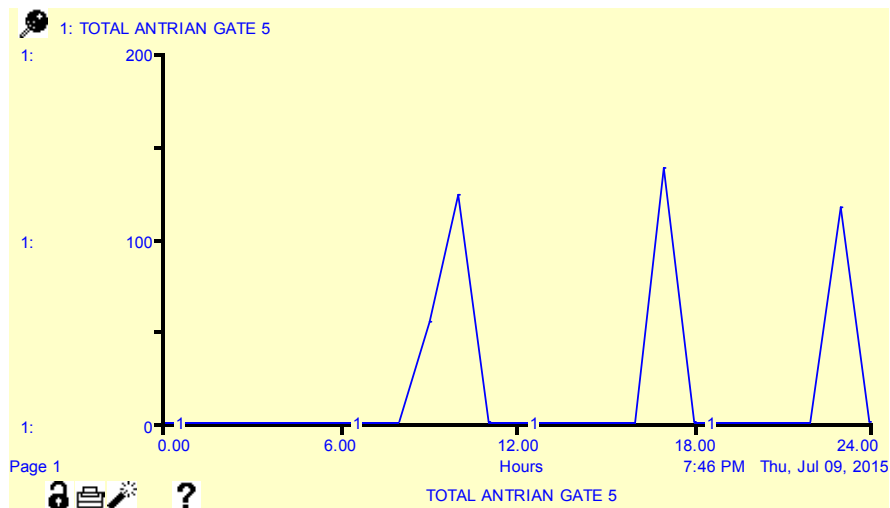
Pada sub bab ini akan dijelaskan mengenai hasil daripada *running* model simulasi yang telah dibuat menggunakan *software* STELLA 9.1.3. Model simulasi ini direncanakan akan dijalankan selama per hari dan per minggu mengingat kondisi sistem penerbangan yang ada berjalan sesuai dengan perubahan kondisi di lapangan dalam satuan waktu per jam.

##### 4.4.1 *Running* Hasil Simulasi pada *Gate* per Hari

Kondisi eksisting di lapangan terjadi dengan 2 kondisi yang paling banyak menyumbangkan penumpukan penumpang yaitu melalui *delay* dan *overload capacity gate* bagi penumpang pada jam-jam puncak. Hal yang diutamakan untuk dilihat pergerakannya pada simulasi ini adalah penumpukan jumlah penumpangnya, sedangkan variabel kritis yang digunakan adalah *delay* penerbangannya.



Gambar 4. 14 *Running Model Kondisi Eksisting Gate 5 (per hari)*

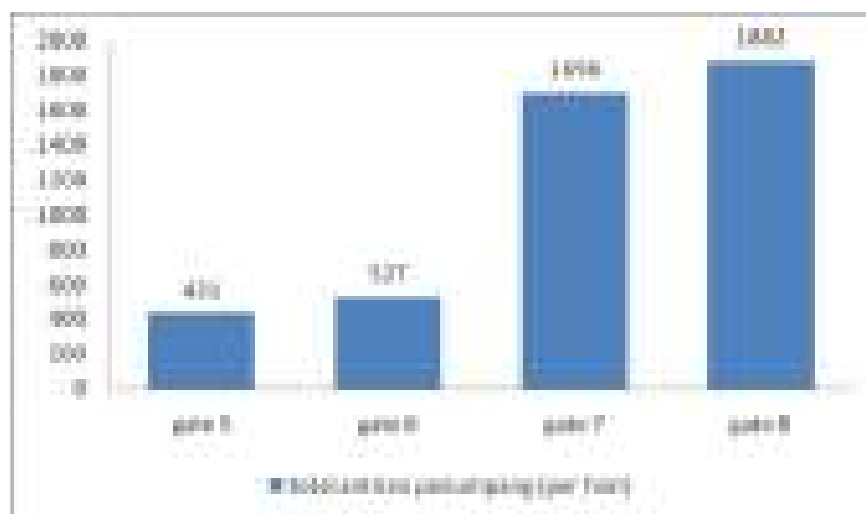


Gambar 4. 15 *Total Antrian Gate 5 Hasil Simulasi per hari*

Grafik simulasi diatas menunjukkan kondisi eksisting per hari dari variabel input *boarding time*, total keberangkatan, total antrian penumpang dan total transfer penumpang tiap *gate* yang terjadi tiap jam nya. Masing-masing *gate* memiliki jumlah penumpang yang berbeda bergantung pada rute penerbangan yang disediakan tiap maskapai pada *gate* yang ditugaskan Diinputkan jumlah penumpang *boarding* yang menunjukkan kedatangan penumpang 1 jam sebelum jadwal keberangkatan sebenarnya. Kemudian total keberangkatan dari *gate* tersebut yang disesuaikan dengan kapasitas *gate* nya. Total antrian *gate*

menunjukkan penumpang yang mengantri/menumpuk untuk melakukan keberangkatan akibat *delay* dan total penumpang transfer menunjukkan kelebihan penumpang yang bisa ditransfer ke *gate* lain agar tidak terjadi penumpukan jumlah penumpang akibat kelebihan kapasitas *gate*.

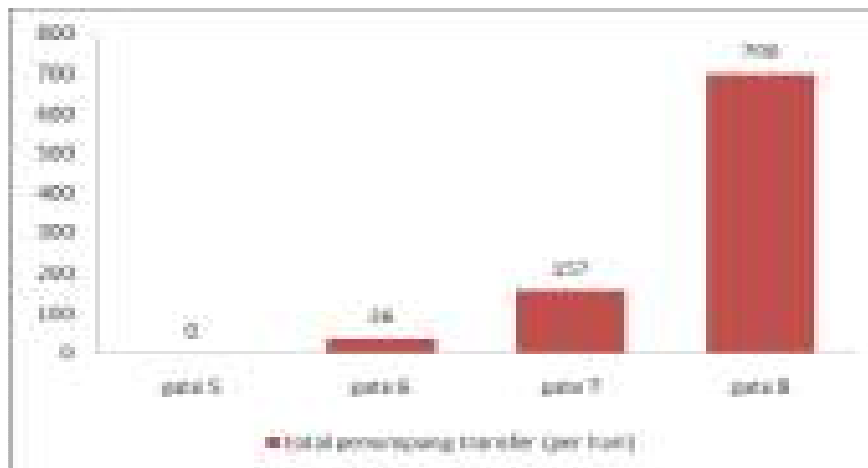
Pada penelitian ini tujuan utamanya adalah untuk menganalisis penumpukan penumpang yang terjadi, maka gambar berikut ini menunjukkan total antrian di tiap *gate* yang terjadi pada kondisi eksisting,



Gambar 4. 16 Hasil *Running* Simulasi Model untuk Total Antrian tiap *Gate* (Per Hari)

Hasil *running* simulasi diatas menunjukkan total antrian penumpang yang sesuai dengan data eksisting. Dari data yang didapatkan di awal penelitian *delay* yang terjadi rata-rata 1-2 jam. Dengan memainkan variabel *delay*, dapat dirancang suatu kebijakan probabilitas *delay* yang berbeda pada jadwal penerbangan pagi dan malam hari dalam *range* waktu *delay* yang diizinkan yakni 1-4 jam, yang diperkirakan ketika *delay* berlangsung semakin lama maka jumlah penumpang yang menumpuk juga semakin bertambah.

Selanjutnya ditunjukkan hasil dari total transfer penumpang per hari, pada gambar dibawah ini. Dengan hasil total antrian yang diberikan, maka total penumpang yang akan di transfer tiap *gate* seperti yang ditunjukkan berikut ini.

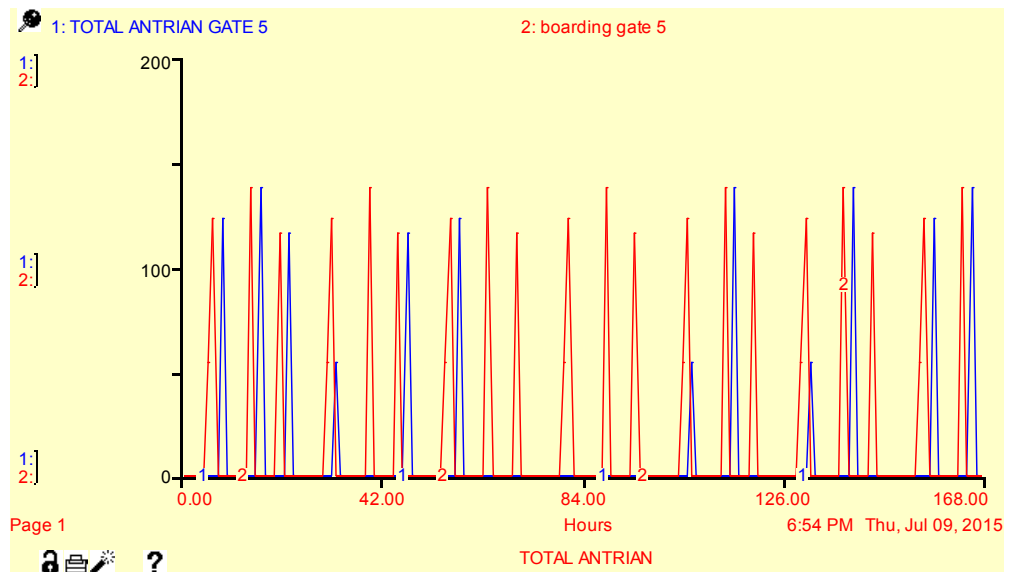


Gambar 4. 17 Hasil *Running* Simulasi Model untuk Total Penumpang Transfer tiap *Gate* (Per Hari)

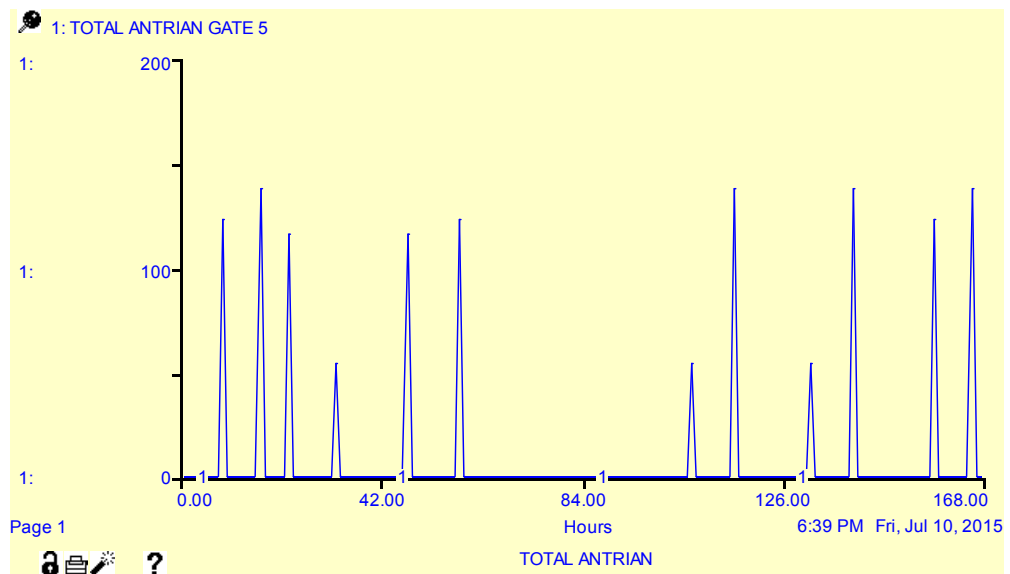
Dari pengamatan harian, terlihat ketidakmerataan penumpukan penumpang yang terjadi. Hal tersebut bisa diakibatkan oleh beberapa hal seperti variasi jadwal penerbangan yang berbeda, penugasan *gate* yang kurang tepat dan lain sebagainya.

#### 4.4.2 *Running* Hasil Simulasi pada *Gate* per Minggu

*Running* selanjutnya adalah aspek total antrian tiap *gate* per minggu. Apabila model simulasi ini dapat dijalankan setiap harinya, berikutnya ingin diketahui bagaimana pola kedatangan penumpang 1 jam sebelum jadwal keberangkatan, hingga antrian penumpang yang terjadi ketika model dijalankan selama 1 minggu.



Gambar 4. 18 *Running Model Kondisi Eksisting Gate 5 (per minggu)*

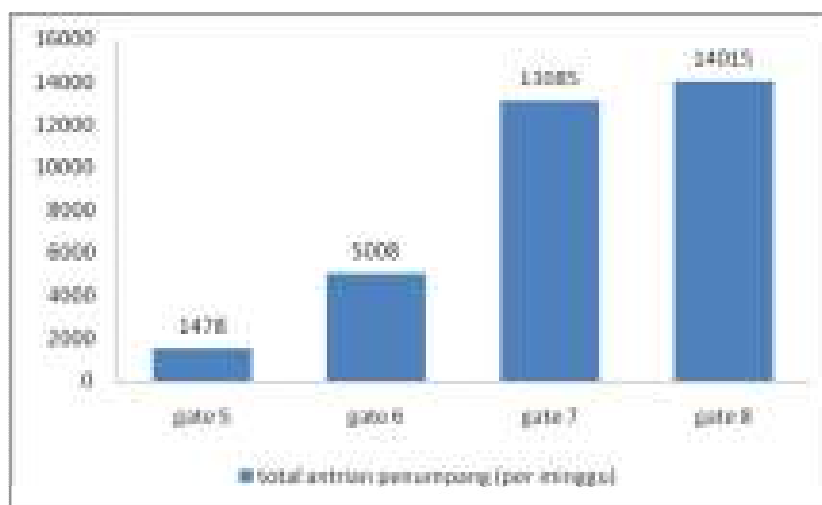


Gambar 4. 19 Total Antrian Gate 5 Hasil Simulasi per Minggu

Grafik diatas merupakan hasil *running* 1 minggu, input yang diberikan pada gambar pertama adalah total antrian pada tiap *gate* dan *boarding* dari masing-masing *gate*. Diinputkan variabel *boarding* untuk melihat pola kedatangan penumpang 1 jam sebelum jadwal keberangkatan sebenarnya. Pada simulasi model ini hanya difokuskan pada total antrian penumpang yang terjadi tiap harinya selama 1 minggu. Terlihat pola yang berbeda di setiap harinya, meskipun

data yang diinputkan sama dengan kondisi eksisting. Namun hasil *running* masih berada dalam *range* yang diharapkan, hal tersebut dikarenakan sistem ini berkemampuan untuk melakukan pengulangan secara terstruktur (tersusun/*looping*) dan bergantian, sehingga tidak akan jauh dari kondisi sebenarnya.

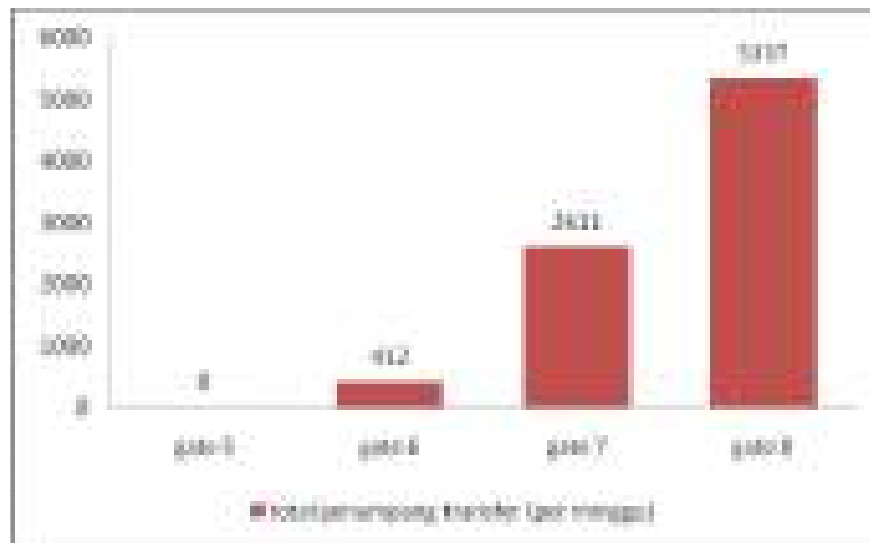
Dengan pola kedatangan yang sama, namun pengaruh dari variabel *delay* yang terjadi mampu membuat hasil *running* berbeda, tentunya menunjukkan total antrian atau total penumpukan jumlah penumpang yang berbeda pula.



Gambar 4. 20 Hasil *Running* Simulasi Model untuk Total Antrian tiap *Gate* (Per Minggu)

Selanjutnya adalah hasil perhitungan dari simulasi untuk total penumpang transfer pada masing-masing *gate* yang dilakukan selama 1 minggu.





Gambar 4. 21 Hasil *Running* Simulasi Model untuk Total Penumpang Transfer tiap *Gate* (Per Minggu)

Dari hasil *running* selama satu hari dan satu minggu dapat disimpulkan bahwa total antrian penumpang akan meningkat diikuti dengan meningkatnya pula total penumpang transfer tiap *gate*. Namun dari hasil *running* juga terlihat ketidakmerataan penumpukan penumpang yang terjadi, contohnya saja pada *gate* 5, tidak terjadi transfer penumpang sama sekali.

Maka melihat hasil analisis *running* per hari dan per minggu, selanjutnya akan dirancang suatu kebijakan untuk model penelitian ini yang secara menyeluruh diulas pada bab 5. Mulai dari eksperimen pencegahan *delay* tertinggi dengan pembuktian, kemudian pemerataan penumpukan penumpang sekaligus penugasannya dan terakhir penambahan *gate* bayangan.

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## BAB 5

### SKENARIO KEBIJAKAN DAN ANALISIS HASIL

Pada bab 5 ini akan dijelaskan mengenai perancangan skenario kebijakan yang dilakukan setelah diberikan kondisi eksistingnya agar nantinya dapat melihat pengembangan dari distribusi *gate* dalam model transfer penumpang. Dari hasil kondisi eksisting yang telah dipaparkan dalam bab 4, maka kondisi tersebut akan dijadikan suatu basis dalam perancangan skenario kebijakan ini. Skenario kebijakan yang dirancang kali ini berdasarkan variabel keputusan yang dapat diubah-ubah agar memungkinkan untuk dapat digunakan tiap pemegang kendali/*stakeholder* dalam mengembangkan model transfer penumpang nantinya di tiap *gate* yang tersedia.

Selanjutnya diberikan penjelasan tentang parameter yang telah ditentukan dan sebagai acuan untuk merancang skenario kebijakan dari model yang telah dijelaskan sebelumnya, seperti yang telah diuraikan sedikit pada bab 3 yaitu metodologi penelitian, berikut eksperimen yang akan dilakukan untuk perancangan kebijakan pada penelitian ini:

- **Skenario 1 :** Representatif kondisi nyata untuk menunjukan gambaran hasil model simulasi yang telah dibuat dengan;
  - a. menginputkan model tanpa *delay*
  - b. peningkatan probabilitas *delay* 1-2 jam dan 3-4 jam sebesar 30%
- **Skenario 2:** Alokasi penugasan *gate* untuk pemerataan total antrian penumpang pada kondisi eksisting.
- **Skenario 3:** Penambahkan *gate* bayangan untuk menampung kelebihan penumpang yang terjadi.

Tabel 5. 1 Parameter Penentuan *Gate* dan Transfer Penumpang

No.	Gate	Nama Parameter	Kondisi
1	5	Kapasitas <i>Gate</i>	Kapasitas <i>gate</i> 5 dapat menampung sejumlah 191 penumpang dalam 1x penerbangan.
		Jumlah maskapai yang ditugaskan di <i>gate</i> 5	Maskapai yang ditugaskan pada <i>gate</i> 5 hanya terdiri atas 1 maskapai
		Jumlah rute penerbangan	Total terdapat 4 jadwal penerbangan pada <i>gate</i> 5
		Jumlah penumpang pagi hari	Jumlah penumpang pagi hari (54 penumpang+123 penumpang)
		Jumlah penumpang siang hari	Jumlah penumpang siang hari (138 penumpang)
		Jumlah penumpang malam hari	Jumlah penumpang malam hari (116 penumpang)
		Keterlambatan Penerbangan	Terdapat 3 jadwal penerbangan mengalami <i>delay</i>
		<i>Overload Gate Capacity</i>	0
		Antrian Penumpang	308 penumpang
2	6	Kapasitas <i>Gate</i>	Kapasitas <i>gate</i> 6 dapat menampung sejumlah 254 penumpang dalam 1x penerbangan.
		Jumlah maskapai yang ditugaskan di <i>gate</i> 6	Maskapai yang ditugaskan pada <i>gate</i> 6 hanya terdiri atas 2 maskapai
		Jumlah rute penerbangan	Total terdapat 10 jadwal penerbangan pada <i>gate</i> 6
		Jumlah penumpang pagi hari	Jumlah penumpang pagi hari (290 penumpang+145 penumpang+145 penumpang+90 penumpang)
		Jumlah penumpang siang hari	Jumlah penumpang siang hari (136 penumpang+180 penumpang)
		Jumlah penumpang malam hari	Jumlah penumpang malam hari(140 penumpang+57 penumpang+112 penumpang+108 penumpang)
		Keterlambatan Penerbangan	Terdapat 2 jadwal penerbangan mengalami <i>delay</i>
		<i>Overload Gate Capacity</i>	3 jadwal penerbangan
		Antrian Penumpang	281 penumpang
3	7	Kapasitas <i>Gate</i>	Kapasitas <i>gate</i> 7 dapat menampung sejumlah 253 penumpang dalam 1x penerbangan.
		Jumlah maskapai yang ditugaskan di <i>gate</i> 7	Maskapai yang ditugaskan pada <i>gate</i> 7 hanya terdiri atas 2 maskapai
		Jumlah rute penerbangan	Total terdapat 11 jadwal penerbangan pada <i>gate</i> 7
		Jumlah penumpang pagi hari	Jumlah penumpang pagi hari (99 penumpang+18 penumpang+215 penumpang+188 penumpang+186 penumpang+193 penumpang)

Tabel 5. 2 Parameter Penentuan *Gate* dan Transfer Penumpang (Lanjutan)

No.	Gate	Nama Parameter	Kondisi
		Jumlah penumpang siang hari	Jumlah penumpang siang hari (165 penumpang+211 penumpang+221 penumpang)
		Jumlah penumpang malam hari	Jumlah penumpang malam hari (410 penumpang+63 penumpang)
		Keterlambatan Penerbangan	Terdapat 7 jadwal penerbangan mengalami <i>delay</i>
		<i>Overload Gate Capacity</i>	5 jadwal penerbangan
		Antrian Penumpang	1568 penumpang
4	8	Kapasitas <i>Gate</i>	Kapasitas <i>gate</i> 8 dapat menampung sejumlah 253 penumpang dalam 1x penerbangan.
		Jumlah maskapai yang ditugaskan di <i>gate</i> 8	Maskapai yang ditugaskan pada <i>gate</i> 1 hanya terdiri atas 1 maskapai
		Jumlah rute penerbangan	Total terdapat 12 jadwal penerbangan pada <i>gate</i> 8
		Jumlah penumpang pagi hari	Jumlah penumpang pagi hari (314 penumpang+270 penumpang+163 penumpang+157 penumpang+114 penumpang+270 penumpang+336 penumpang+409 penumpang)
		Jumlah penumpang siang hari	Jumlah penumpang siang hari (178 penumpang+179 penumpang)
		Jumlah penumpang malam hari	Jumlah penumpang malam hari (224 penumpang+146 penumpang)
		Keterlambatan Penerbangan	Terdapat 3 jadwal penerbangan mengalami <i>delay</i>
		<i>Overload Gate Capacity</i>	4 jadwal penerbangan
		Antrian Penumpang	560 penumpang

### 5.1 Skenario 1: Penugasan *Gate* untuk Representatif Kondisi Nyata

- **Skenario A: Penugasan *Gate* Dengan Jadwal Penerbangan Tanpa *Delay* +Transfer Penumpang.**

Skenario awal ini merupakan skenario yang akan mencoba menggambarkan kondisi nyata yang terjadi yang kemudian diharapkan dapat direpresentasikan oleh model simulasi yang telah dibuat sesuai tujuan penelitian. Simulasi ini tidak menginputkan waktu *delay* atau tidak terjadi keterlambatan

dalam jadwal penerbangan. Data kapasitas *gate*, data waktu *delay* diinputkan sesuai kondisi eksisting pada tabel 5.2.

Dari hasil *running* skenario A seperti yang ditunjukkan pada tabel terlihat bahwa model sesuai dengan kondisi nyata, diberikan jumlah penumpang *boarding* yang datang 1 jam sebelum jadwal keberangkatan asli. Kemudian laju keberangkatan bergantung pada kapasitas dari tiap *gate*, apabila melebihi kapasitas maka jumlah penumpang yang diberangkatkan akan sejumlah kapasitas maksimal *gate* dan sisanya akan masuk ke dalam total transfer penumpang antar *gate*. Karena variansi jadwal yang cukup tinggi mengakibatkan *gate* 6,7,8 kelebihan kapasitas muat sehingga harus melakukan transfer penumpang. Tidak terjadi kelebihan penumpang pada *gate* 5 karena jumlah penumpang mencukup kapasitas *gate*. *Delay* jadwal penerbangan belum diberikan untuk kondisi skenario ini dan akan di *running* untuk skenario selanjutnya.

Simulasi Model Non Delay		
	kapasitas gate 5	191
<input type="checkbox"/>	delay gate 5	0
	kapasitas gate 6	254
<input type="checkbox"/>	delay gate 6	0
	kapasitas gate 7	253
<input type="checkbox"/>	delay gate 7	0
	kapasitas gate 8	253
<input type="checkbox"/>	delay gate 8	0

Gambar 5. 1 Komposisi simulasi non *delay*

Tabel 5. 3 Hasil *Running* Simulasi Skenario 1A (*Gate 5-6*)

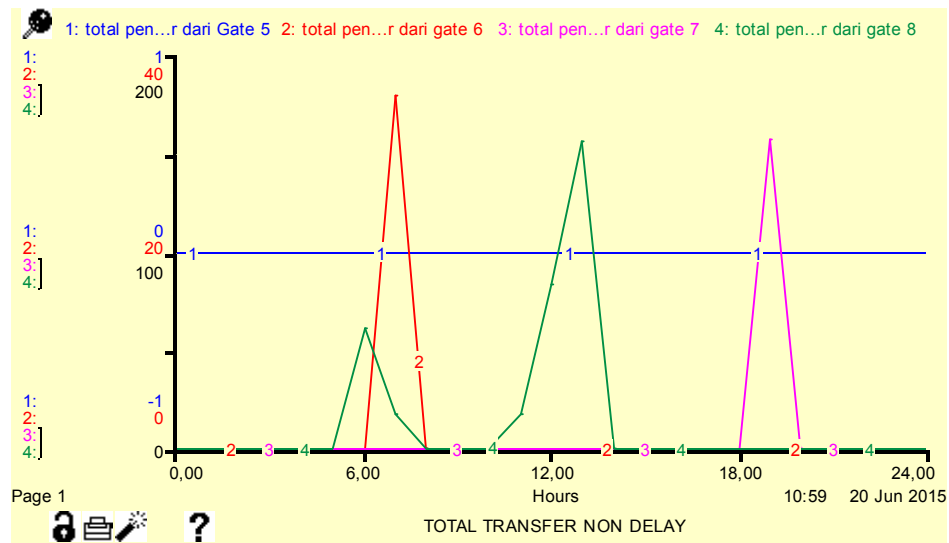
Gate 5																								
Hours	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Delay	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Boarding	0	0	0	0	0	0	54	123	0	0	0	0	0	0	138	0	0	0	0	0	116	0	0	0
Laju Keberangkatan	0	0	0	0	0	0	0	54	123	0	0	0	0	0	0	138	0	0	0	0	0	116	0	0
Total Penumpang Transfer	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Gate 6																								
Hours	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Delay	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Boarding	0	0	0	0	0	290	0	0	145	145	90	0	0	136	180	0	0	140	57	0	112	0	108	0
Laju Keberangkatan	0	0	0	0	0	254	0	0	145	145	90	0	0	136	180	0	0	140	57	0	112	0	108	0
Total Penumpang Transfer	0	0	0	0	0	36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabel 5. 4 Hasil *Running* Simulasi Skenario 1A (*Gate 7-8*)

Gate 7																								
Hours	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Delay	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Boarding	0	0	0	99	0	18	215	188	186	0	193	0	165	211	221	0	0	410	0	0	0	0	0	63
Laju Keberangkatan	0	0	0	0	99	0	18	215	188	186	0	193	0	165	211	221	0	0	253	0	0	0	0	0
Total Penumpang Transfer	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	157	0	0	0	0	0

Gate 8																								
Hours	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Delay	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Boarding	0	0	0	0	314	270	163	157	145	270	336	409	0	0	0	178	179	224	146	0	0	0	0	0
Laju Keberangkatan	0	0	0	0	0	253	253	163	157	145	253	253	253	0	0	0	178	179	224	146	0	0	0	0
Total Penumpang Transfer	0	0	0	0	0	61	17	0	0	0	17	83	156	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0



Gambar 5. 2 Total Transfer Penumpang Non Delay

- **Skenario B: Peningkatan Probabilitas Delay 1-2 Jam dan 3-4 Jam Sebesar 30%**

Pada skenario B, komposisi sama dengan skenario A, ditambahkan input *delay* 1-2, 3-4 jam dengan probabilitas sebesar 30%. Hasil daripada *running* skenario ini ditunjukkan pada tabel 5.4-5.7 didapatkan bahwa terjadinya *delay* menyebabkan antrian penumpang. Antrian penumpang mendefinisikan penumpang yang menunggu giliran berangkat (terpaksa berada di *gate* dalam kurun waktu tertentu) disebabkan oleh *delay* jadwal penerbangan. Semakin lama *delay* yang terjadi, semakin meningkat jumlah antrian penumpang/penumpukan penumpang. Seperti yang terjadi pada *gate* 7, 8, dimana antrian penumpang yang terjadi semakin tinggi, sedangkan hal berbeda terjadi di *gate* 5,6. hal tersebut terjadi selain karena faktor *delay*, variansi atau jumlah rute penerbangan yang ada juga mempengaruhi penugasan dari suatu *gate*.



Tabel 5. 5 Hasil Simulasi Probabilitas *Delay* 1-2 Jam (*Gate* 5-6)

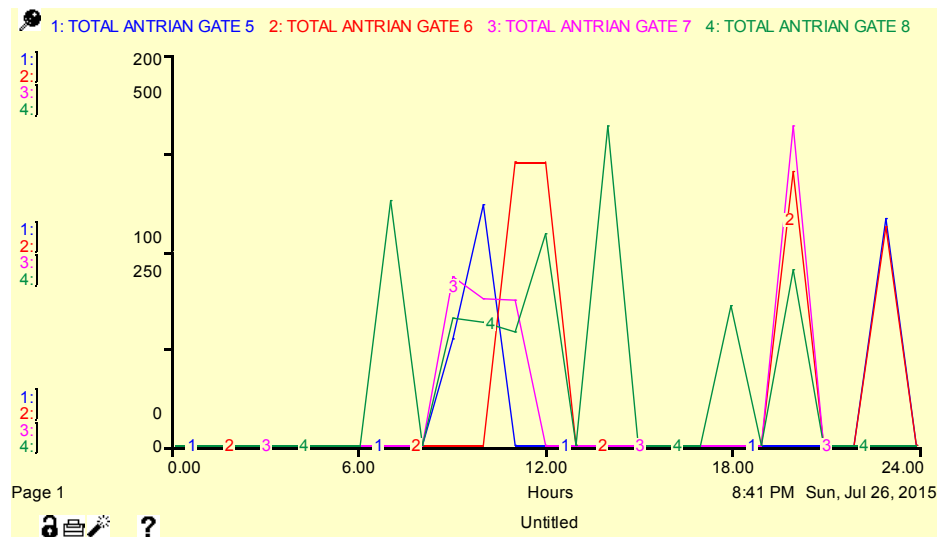
Gate 5																								
Hours	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Delay	0	1	1	2	0	1	0	1	1	2	2	0	1	0	0	0	1	0	2	0	2	1	0	2
Boarding	0	0	0	0	0	0	54	123	0	0	0	0	0	0	138	0	0	0	0	0	116	0	0	0
Laju Keberangkatan	0	0	0	0	0	0	0	54	123	0	0	0	0	0	0	138	0	0	0	0	0	116	0	0
Total Antrian																								
Penumpang	0	0	0	0	0	0	0	0	0	54	123	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	116
Total Penumpang																								
Transfer	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Gate 6																									
Hours	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	
Delay	0	1	1	2	0	1	0	1	1	2	2	0	1	0	0	0	1	0	2	0	2	1	0	2	
Boarding	0	0	0	0	0	0	290	0	0	145	145	90	0	0	136	180	0	0	140	57	0	112	0	108	0
Laju Keberangkatan	0	0	0	0	0	0	254	0	0	145	145	90	0	0	136	180	0	0	140	57	0	112	0	108	0
Total Antrian																									
Penumpang	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	145	145	0	0	0	0	0	0	0	140	0	0	112	
Total Penumpang																									
Transfer	0	0	0	0	0	0	0	36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Tabel 5. 6 Hasil Simulasi Probabilitas *Delay* 1-2 Jam (*Gate* 7-8)

Gate 7																								
Hours	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Delay	0	1	1	2	0	1	0	1	1	2	2	0	1	0	0	0	1	0	2	0	2	1	0	2
Boarding	0	0	0	99	0	18	215	188	186	0	193	0	165	211	221	0	0	410	0	0	0	0	0	63
Laju Keberangkatan	0	0	0	0	99	0	18	215	188	186	0	193	0	165	211	221	0	0	253	0	0	0	0	0
Total Antrian Penumpang	0	0	0	0	0	0	0	0	0	215	188	186	0	0	0	0	0	0	0	0	410	0	0	0
Total Penumpang Transfer	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	126	0	0	0	0	0	0	0	0	157	0	0

Gate 8																								
Hours	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Delay	0	1	1	2	0	1	0	1	1	2	2	0	1	0	0	0	1	0	2	0	2	1	0	2
Boarding	0	0	0	0	314	270	163	157	145	270	336	409	0	0	0	178	179	224	146	0	0	0	0	0
Laju Keberangkatan	0	0	0	0	0	253	253	163	157	145	253	253	253	0	0	0	178	179	224	146	0	0	0	0
Total Antrian Penumpang	0	0	0	0	0	0	0	314	0	163	157	145	270	0	409	0	0	0	178	0	224	0	0	0
Total Penumpang Transfer	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	126	0	0	0	0	0	0	0	0	157	0	0



Gambar 5. 3 Total Antrian Penumpang Delay Probabilitas 1-2 Jam

Terdapat perbedaan dari jumlah total antrian penumpang bila dilihat dari kondisi eksisting pada *delay* 1-2 jam, pada skenario ini ketika ditingkatkan probabilitas *delay* 1-2 jam sebesar 30% akan mengalami kenaikan dari penumpukan penumpang.

Tabel 5. 7 Hasil Simulasi Probabilitas Delay 3-4 Jam (Gate 5-6)

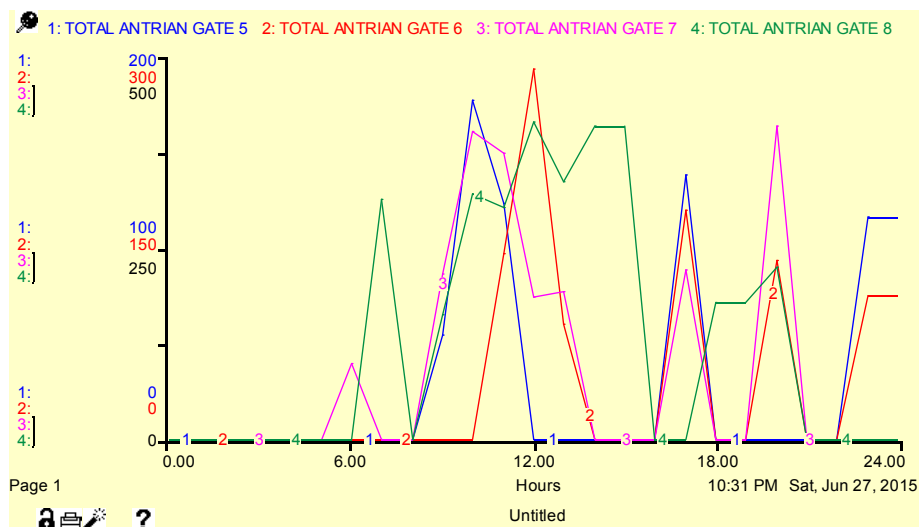
Gate 5																								
Hours	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Delay	0	1	3	2	2	1	0	3	3	4	2	2	3	0	0	2	3	0	2	0	2	3	2	4
Boarding	0	0	0	0	0	0	54	123	0	0	0	0	0	0	138	0	0	0	0	0	116	0	0	0
Laju Keberangkatan	0	0	0	0	0	0	0	54	123	0	0	0	0	0	0	138	0	0	0	0	0	116	0	0
Total Antrian Penumpang	0	0	0	0	0	0	0	0	0	54	177	123	0	0	0	0	138	0	0	0	0	0	0	116
Total Penumpang Transfer	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Gate 6																								
Hours	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Delay	0	1	3	2	2	1	0	3	3	4	2	2	3	0	0	2	3	0	2	0	2	3	2	4
Boarding	0	0	0	0	0	290	0	0	145	145	90	0	0	136	180	0	0	140	57	0	112	0	108	0
Laju Keberangkatan	0	0	0	0	0	0	254	0	0	145	145	90	0	0	136	180	0	0	140	57	0	112	0	108
Total Antrian Penumpang	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	145	290	90	0	0	0	180	0	0	140	0	0	112
Total Penumpang Transfer	0	0	0	0	0	0	36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabel 5. 8 Hasil Simulasi Probabilitas *Delay* 3-4 Jam (*Gate* 7-8)

Gate 7																								
Hours	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Delay	0	1	3	2	2	1	0	3	3	4	2	2	3	0	0	2	3	0	2	0	2	3	2	4
Boarding	0	0	0	99	0	18	215	188	186	0	193	0	165	211	221	0	0	410	0	0	0	0	0	63
Laju Keberangkatan	0	0	0	0	99	0	18	215	188	186	0	193	0	165	211	221	0	0	253	0	0	0	0	0
Total Antrian Penumpang							99			215	403	374	186	193				221			410			
Total Penumpang Transfer	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	157	0	0	0	0

Gate 8																								
Hours	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Delay	0	1	3	2	2	1	0	3	3	4	2	2	3	0	0	2	3	0	2	0	2	3	2	4
Boarding	0	0	0	0	314	270	163	157	145	270	336	409	0	0	0	178	179	224	146	0	0	0	0	0
Laju Keberangkatan	0	0	0	0	0	253	253	163	157	145	253	253	253	0	0	0	178	179	224	146	0	0	0	0
Total Antrian Penumpang								314		163	320	302	415	336	409			178		224				
Total Penumpang Transfer	0	0	0	0	0	0	61	17	0	0	0	17	83	156	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0



Gambar 5. 4 Total Antrian Penumpang *Delay* Probabilitas 3-4 Jam

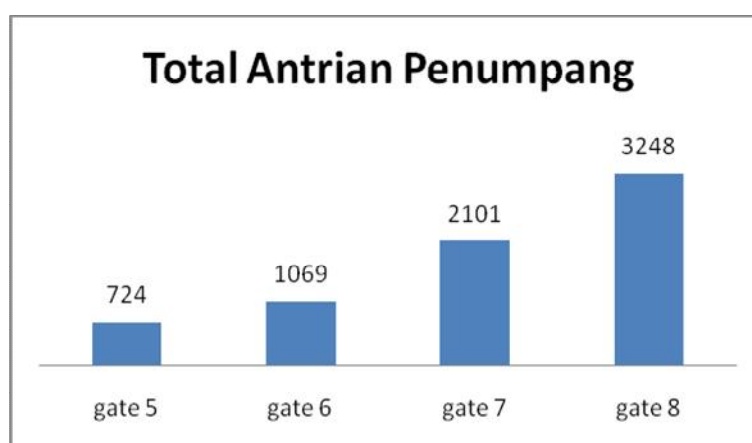
Dari hasil yang didapatkan pada skenario ini maka dapat disimpulkan bahwa pencegahan *delay* 3-4 jam harus dilakukan agar antrian penumpang tidak semakin tinggi. Selain itu untuk menangani permasalahan antrian penumpang, perlu dilakukan pemerataan penumpang serta penugasan tiap *gate* nya.

## 5.2 Skenario 2: Alokasi Penugasan *Gate* Untuk Pemerataan Total Antrian Penumpang Pada *Delay* 3-4 Jam.

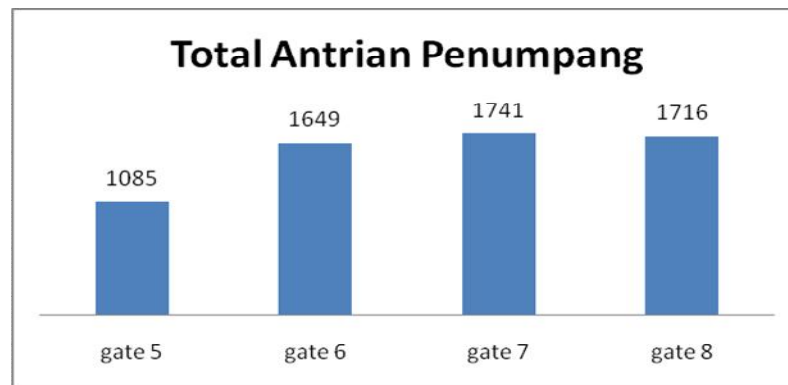
Pada skenario penugasan *gate* yang bertujuan untuk pemerataan total antrian penumpang yang terjadi, terutama ketika terjadi peningkatan jumlah penumpang. Dengan menggunakan data skenario B, pemerataan jumlah penumpang dilakukan dengan ketentuan bahwa terdapat slot yang kosong pada *gate* yang akan dituju sebagai tempat transfer penumpang nantinya, selain slot kosong, kapasitas penumpang dari masing-masing *gate* juga dipertimbangkan.

Dari hasil *running* skenario B didapatkan bahwa antrian tertinggi terjadi pada *gate* 8 yakni mencapai sekitar 3000 penumpang, namun pada *gate* 5 hanya terjadi sekitar 700 penumpang. Meskipun kapasitas dari *gate* 5 lebih kecil, diharapkan pemindahan sejumlah calon penumpang penerbangan tetap dapat dijalankan tanpa melibatkan kontrak *aggrement* antara maskapai dan bandar udara. Setelah hasil pemerataan dilakukan sekaligus diberikan pula ilustrasi dari penugasan *gate-gate* yang akan menerima dan melakukan proses transfer penumpang.

Hasil pemerataan yang di dapatkan, tidak didapatkan selisih total antrian yang jauh, keempat *gate* rata-rata mampu menampung penumpang sebanyak 1000 penumpang seperti yang terlihat pada gambar 5.3. Kemudian dari hasil ilustrasi yang dibuat, dapat dilihat bahwa total antrian yang padat dan perlu dilakukan pemerataan adalah pada *day time* atau jadwal pagi hingga siang hari.



Gambar 5. 5 Total Antrian Penumpang Sebelum Pemerataan



Gambar 5. 6 Total Antrian Penumpang Sesudah Pemerataan

Dari pemerataan *gate* diilustrasikan seperti gambar 5.4 berikut ini. Proses transfer penumpang terjadi pada pukul ke-7 di *gate* 7 dan 8. Kemudian pada pukul 9.00-14.00 terjadi transfer penumpang secara meluas hingga keempat *gate* dan seterusnya. Dari hasil simulasi ini, dapat dilihat bahwa tidak ada *gate* yang mengalami kelebihan kapasitas *gate* serta penggunaan slot jadwal kosong pada *gate* yang tersedia.

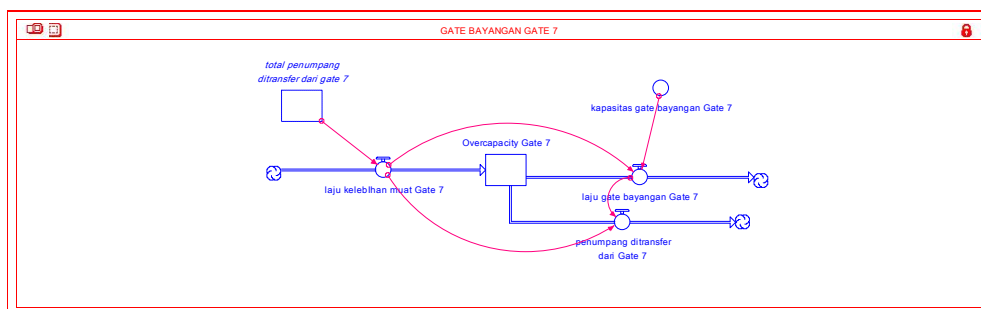
	G5	G6	G7	G8
3				
4				
5				
6			99	
7			61	253
8				
9	54	215	163	0
10	177	254	253	216
11	191	254	253	248
12	191	254	194	253
13	90	254	193	83
14			156	253
15				
16				
17	191	127	221	178
18				
19				
20		254	156	224
21				
22				
23	191	37		

Gambar 5. 7 Ilustrasi Penugasan *Gate* Untuk Pemerataan Penumpang

### 5.3 Skenario 3: Penambahkan gate bayangan untuk menampung kelebihan penumpang.

Pada skenario ini *delay* yang diberlakukan adalah *delay* 3-4 jam dengan probabilitas peningkatan sekitar 30%. Dari hasil simulasi skenario 1B menunjukkan bahwa saat terjadi *delay* tersebut juga akan meningkatkan penumpukan jumlah penumpang antriannya. Skenario 3 ini mencoba memberikan opsi lain selain pemerataan *gate* pada skenario 2, yakni dengan melakukan transfer penumpang menuju *gate* bayangan sehingga penumpang pada *gate* awal tidak perlu terlalu jauh untuk melakukan model transfer. *Gate* bayangan ini diasumsikan memiliki kapasitas muat penumpang sejumlah setengah dari rata-rata ukuran kapasitas *gate* yang asli yaitu untuk 100 orang penumpang. Penambahan *gate* bayangan akan dilakukan pada *gate* eksisting yang memiliki antrian penumpang paling banyak. Hal tersebut dapat dilihat dari jadwal penerbangan yang dimiliki cukup tinggi, apalagi bila ditambahkan *delay* yang terjadi. Skenario kali ini yang akan diberikan *gate* bayangan adalah *gate* 7 dan 8.

Dari hasil simulasi didapatkan bahwa dengan ditambahkannya *gate* bayangan mampu mengurangi kepadatan antrian penumpang di *gate* 7 dan 8, karena kapasitas muat ditambah 100 penumpang. Penambahan *gate* bayangan selain untuk mengatasi kelebihan penumpang juga diharapkan mampu meminimalkan perpindah penumpang transfer terlalu jauh menuju *gate* eksisting lain, maka dari hasil skenario ini sisa kelebihan penumpang di *gate* eksisting menurun karena adanya penambahan *gate* bayangan. Diharapkan penumpang transfer menuju *gate* lain hanya sedikit.



Gambar 5. 8 Sub Model Penambahan *Gate* Bayangan pada *Gate* 7

Tabel 5. 9 Hasil *Running* Total Antrian tanpa *Gate* Bayangan

Gate 7																								Total	
Hours	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	
Total Antrian Penumpang	0	0	0	0	0	0	99	0	0	215	403	374	186	193	0	0	0	221	0	0	410	0	0	0	2101

Gate 8																								Total	
Hours	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	
Total Antrian Penumpang	0	0	0	0	0	0	0	314	0	163	320	302	415	336	409	409	0	0	178	178	224	0	0	0	3248

Tabel 5. 10 Hasil *Running* Total Antrian dengan *Gate* Bayangan

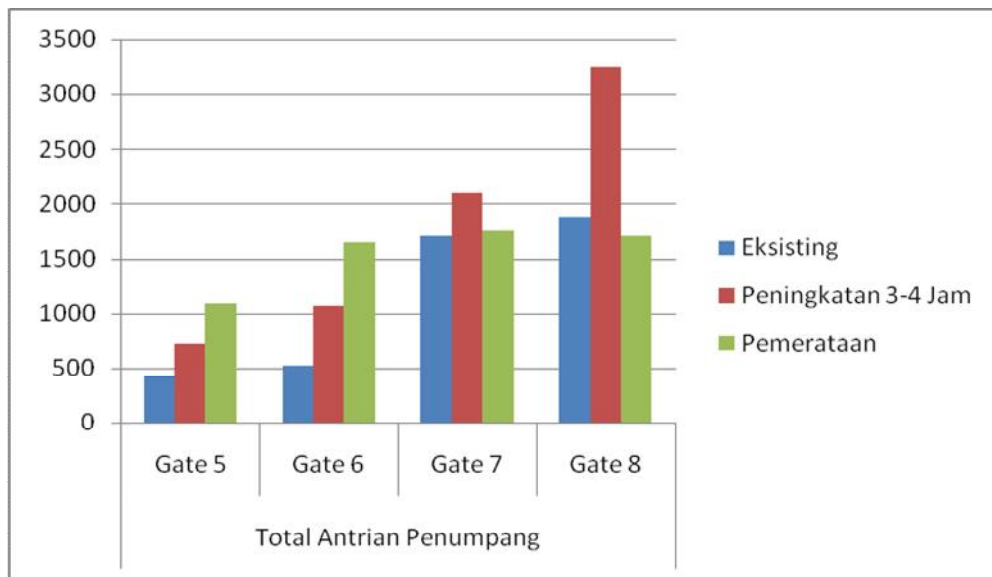
Gate 7																								Total	
Hours	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	
Total Antrian Penumpang	0	0	0	0	0	0	0	0	0	215	188	186	186	0	0	0	0	0	0	410	410	0	0		1595

Gate 8																								Total		
Hours	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23		
Total Antrian Penumpang	0	0	0	0	0	0	0	314	0	163	157	145	415	270	264	0	0	0	178	0	224	370	0	0		2500

Dari ketiga skenario yang dicoba untuk dirancang pada penelitian ini, dapat terlihat bahwa skenario 2 yaitu pemerataan antrian penumpang adalah yang cukup efektif penurunan kepadatannya bila dibandingkan dengan skenario lainnya apabila peningkatan probabilitas 3-4 jam ditingkatkan. Kemudian untuk skenario penambahan *gate* bayangan hanya dapat membandingkan 2 *gate* saja dikarenakan penambahannya hanya terdapat pada 2 *gate* yaitu *gate* 7 dan 8. Didapatkan rangkuman perhitungan sebagai berikut.

Tabel 5. 11 Perbandingan Hasil Simulasi Data Eksisting dan Skenario

	Total Antrian Penumpang			
	Gate 5	Gate 6	Gate 7	Gate 8
Eksisting	431	527	1698	1882
Peningkatan 3-4 Jam	724	1069	2101	3248
Pemerataan	1085	1649	1749	1708
Gate bayangan			1595	2500



Gambar 5. 9 Grafik Representatif dari Perbandingan Antar Skenario



Gambar 5. 10 Interface dari Penelitian ini



## **BAB 6**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

Pada bab ini akan dipaparkan kesimpulan dari hasil penelitian yang telah dilakukan serta diberikan saran yang membangun bagi penelitian selanjutnya mengenai topik yang sama.

#### **6.1 Kesimpulan**

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan pada simulasi model dan analisis yang ada maka dapat ditarik suatu kesimpulan, yaitu:

1. Penelitian ini menghasilkan suatu model simulasi yang mampu untuk melakukan analisis dari penumpukan penumpang di *gate* bandar udara dengan pengaruh dari *on time performance* jadwal penerbangan. Komposisi-komposisi yang diberikan pada analisis ini meliputi kapasitas *gate* dan waktu *delay*. Dari model yang dibuat jadwal penerbangan diinputkan pada variabel *boarding time* dimana penumpang tiba 1 jam sebelum jadwal keberangkatan dengan *range* waktu untuk *gate occupancy time* selama 60 menit.
2. Komposisi penelitian ini apabila tidak diinputkan *delay* maka hanya terjadi transfer penumpang sebatas *overload capacity*. Ketika ditingkatkan *delay* 3-4 jam dengan probabilitas sekitar 30% maka terjadi peningkatan total antrian penumpang yang cukup signifikan meningkat sekitar 3000 penumpang.
3. Pemerataan dan penugasan *gate* yang tepat mampu menurunkan total antrian penumpang pada *gate* 7 dan 8 yang memiliki jumlah rute penerbangan terbanyak.

## 6.2 Saran

Pada sub bab ini akan diberikan saran seputar penelitian ini agar dapat dikembangkan lagi untuk penelitian selanjutnya,

1. Perlu dikembangkan lebih luas lagi dengan menambahkan aspek dari segi operasional lain misal kedatangan penumpang dari proses *check-in*, memperhitungkan jarak berjalan, menghitung LOS masing-masing penumpang dengan mempertimbangkan faktor ruang gerak dalam *gate*.
2. Perlu dilakukan pengembangan model yang memiliki skenario kebijakan dengan mempertimbangkan faktor diluar operasional *gate*, misalnya dengan penambahan *runway* yang dapat dilakukan apabila menggunakan rancangan investasi dari peramalan penumpang yang akan datang, dengan bertambahnya fasilitas bandar udara selain *gate*, diharapkan penambahan *runway* berpengaruh terhadap kedatangan pesawat ke area *runway* yang mampu menekan terjadinya *delay*.
3. Perlu dilakukan pengembangan model seperti pengembangan model untuk *layout* terminal yang berbeda, misal dengan bentuk satelit dan lain sebagainya. yang cakupannya lebih luas dari segi ruang lingkup maupun tujuan penelitian.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ashford, Norman J., Mumayiz, Saleh A., Wright, Paul H., 2011. *Airport Engineering Planning, Design, and Development of 21st Century Airports*, 4<sup>th</sup> edition
- Airplane Characteristics for Airport Planning. 2003. *Boeing Commercial Airplanes*. Seattle, Washington.
- Barlas,. Y. 1996. Format Aspect of Model Validity and Validation in System Dynamics. *System Dynamics Review*.
- Castaing, Jeremy., Mukherjee, Ishan., Cohn, Amy., Hurwitz, Lonny., Nguyen, Ann., Muller, Johan J., 2014. Reducing Airport Gate Blockage In Passenger Aviation: Models And Analysis. *Computer and Operational Research*, Elsevier
- Daellenbach, H. G. & McNickle, D. C., 2005. *Management Science Decision Making Through Systems Thinking*. Houndmills, Basingstoke, Hampshire: Plgrave Macmillan
- Dinas Pelayanan Sisi Darat. 2013. Spesifikasi Ruang Tunggu Keberangkatan di Bandar Udara Internasional Juanda.
- Divisi Pelayanan Operasi. 2013. Jumlah Penumpang Berangkat pada Waktu Sibuk. Bandar Udara Internasional Juanda.
- Dorndorf, Ulrich., Drexl, Andreas., Nikulin, Yury., Pesch, Erwin., 2007. Flight Gate Scheduling: State-Of-The-Art And Recent Developments. *The International Journal of Management Science*, Omega (35) 326-327
- Federal Aviation of Administration, 2013. *Transportation Research Board*. Washington D.C
- International Air Transport Association, 2004. *Airport Development Reference Manual 9<sup>th</sup> Edition*
- International Civil Aviation Organization. 1999. *Aerodromes Third Edition*. A United Nations Specialized Agency.
- Jaehn, Florian., 2010. Solving The Flight Gate Assignment Problem Using Dynamic Programming. *Management and Information Sciences, University of Siegen*

- Keputusan Menteri Perhubungan. 2000. Petunjuk Pelaksanaan Tarif Atas Jenis Penerimaan Negara Bukan Pajak. Direktorat Jenderal Perhubungan Udara.
- Hamzawi, S.G. 1992. Lack of Airport Capacity: Exploration of Alternative Solutions. *Transportation Research A*, 26:47-58
- Hidayat, Misbah Lalu., 2009. *Dinamika Sistem*. FISIP, Universitas Indonesia.
- Horonjoff, Robert., 2010. *Planning and Design of Airports*. Fifth Edition, McGraw Hill. New York
- Marinelli, M., Dell'Oco, Mauro., Sassanelli, Domenico., 2015. A Metaheuristic Approach To Solve The Flight Gate Assignment Problem. *Transportation Research Procedia* (5) 211-220
- Maharjan, B. & Matis, Timothy I., 2011. An Optimization Model For Gate Reassignment In Response To Flight Delays. *Journal of Air Transport Management*. Elsevier
- Maharjan, B. & Matis, Timothy I., 2012. Multi-Commodity Flow Network Model Of The Flight Gate Assignment Problem. *Computers & Industrial Engineering*. Elsevier
- Narciso, Mercedes E. & Piera, Miquel A., 2015. *Robust Gate Assignment Procedures From An Airport Management Perspective*. Omega (50) 82-95
- Neuman. Urszula M. & Atkin. Jason A.D., 2011. Airport Gate Assignment Considering Ground Movement. *School of Computer Science*. University of Nottingham
- Peraturan Direktur Jenderal Perhubungan Udara. 2005. *Persyaratan Teknis Pengoperasian Fasilitas Teknik Bandar Udara*. Departemen Perhubungan. Direktorat Jenderal Perhubungan Udara.
- Peraturan Menteri Perhubungan. 2008. *Penyelenggaraan Angkutan Udara*. Menteri Perhubungan Republik Indonesia.
- Peraturan Menteri Perhubungan. 2011. *Tanggung Jawab Pengangkut Angkutan Udara*. Menteri Perhubungan Republik Indonesia.
- Peraturan Perundang-undangan Penerbangan. 2009. Undang-undang Nomor 1 tentang *Penerbangan*. Republik Indonesia.
- PT. Angkasa Pura I. *Pengertian Bandar Udara*. <http://www.angkasapura1.co.id/>. Diakses pada tanggal 31 Mei 2015

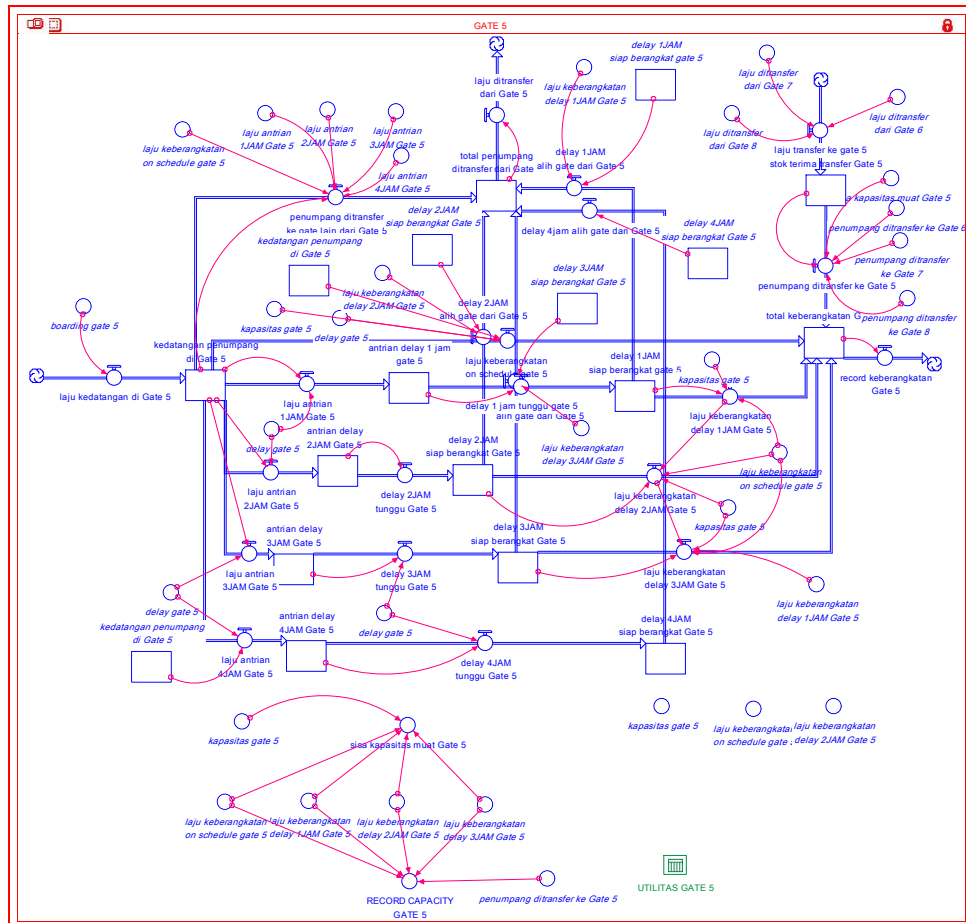
- Prasetyan, M. Eka., & Rusdiansyah, Ahmad., 2011. *Pemodelan Pengukuran Performansi Pengiriman Kargo Udara Dengan Pendekatan Sistem Dinamik*. Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
- Radhianjaya, F. & Rusdiansyah, Ahmad., 2011. *Perancangan Alat Bantu Pengambilan Keputusan Berbasis Sistem Dinamik Untuk Mengevaluasi Kebutuhan Kapasitas Bandara Juanda*. Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
- Rahmawati, Siti Dwi & Santosa, Budi, 2014. *Algoritma Modified Simulated Annealing Untuk Menyelesaikan Airport Gate Assignment Problem Studi Kasus Bandara Soekarno-Hatta*. Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
- Rezy., Fakhri. Citilink Tambah Frekuensi Penerbangan. <http://economy.okezone.com/>. Diakses pada tanggal 21 Mei 2015
- Schreckengost, R. C. 1985. *Dynamics Simulation Model : How Valid Are They?* Washington DC: US Government Printing Office.
- Sim, Tapor dan Humas. 2013. Pergerakan Lalu Lintas Transportasi Udara. Bandar Udara Internasional Juanda
- Suryani, E., Chou, Shuo-Yan., Chen, Chih-Hsien., 2012. Air Passenger Demand Forecasting And Passenger Terminal Capacity Expansion: A System Dynamics Framework. *Expert System with Applications*
- Tang, Ching-Hui. & Chung-Wang, Wei., 2011. Airport Gate Assignments For Airline-Specific Gates. *Journal of Air Transport Management*. Elsevier
- Wang, Jianfeng., Shortle, John. F., Wang, Juan., Sherry, Lance., 2011. Analysis of Gate-waiting Delays at Major US Airports. *Center of Air Transportation System Research*

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

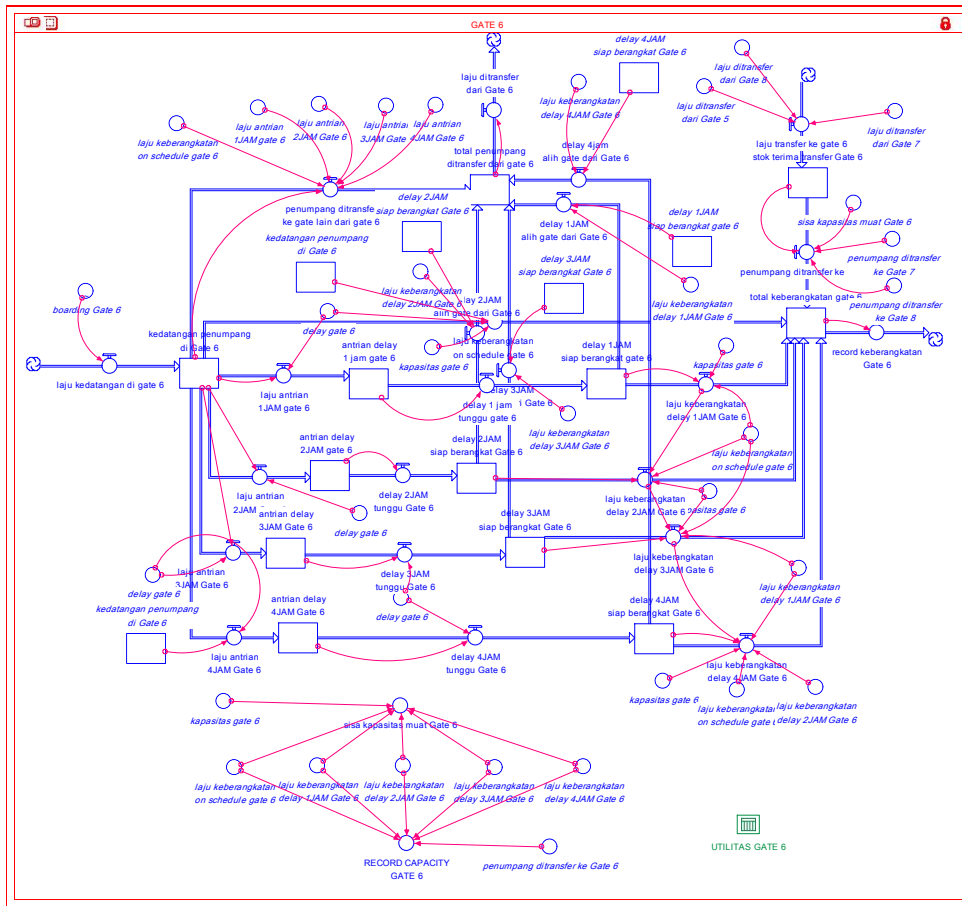
## LAMPIRAN

### MODEL STOCK AND FLOW DIAGRAM

### Submodel Gate 5, 6, 7, dan 8



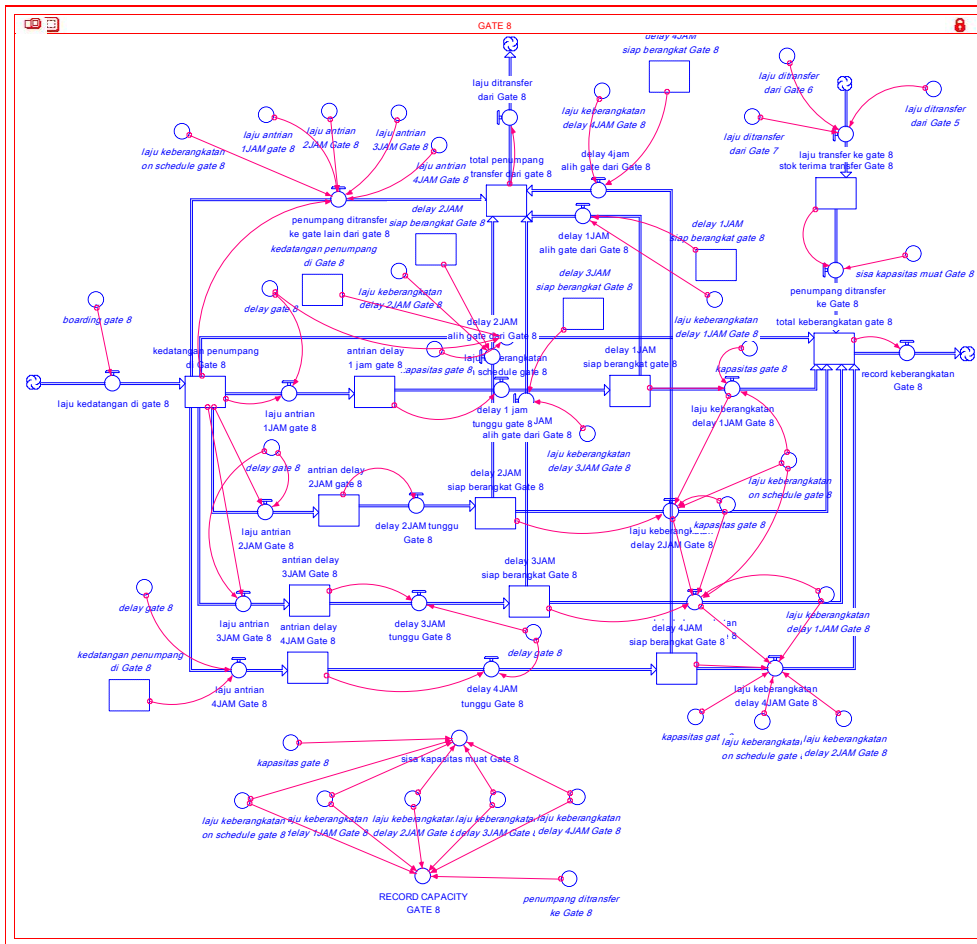
(a.) Submodel *gate 5*



(b.) Submodel gate 6

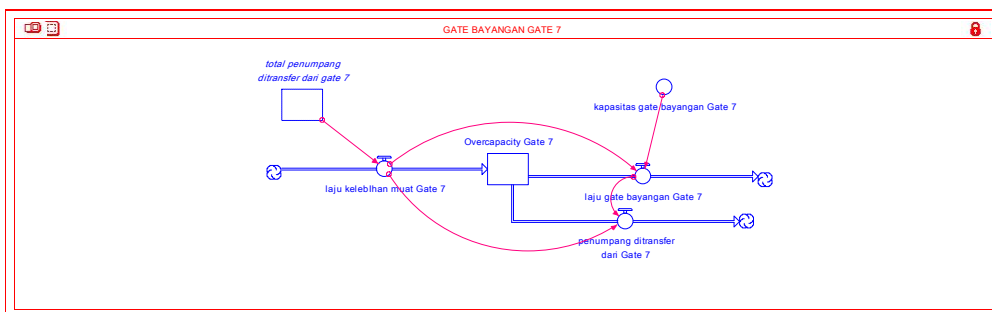




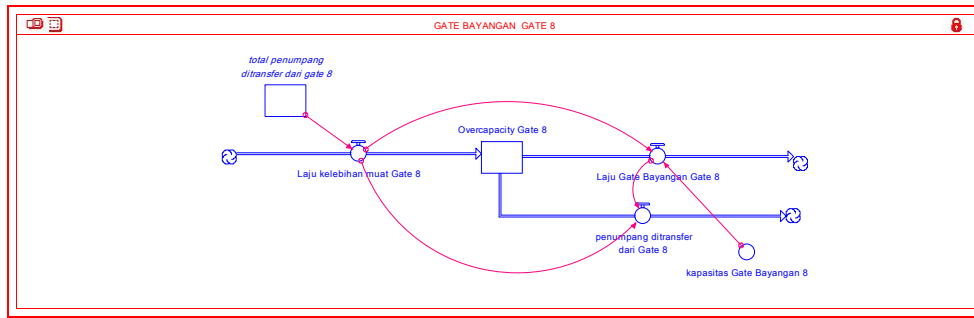


(d.) Submodel gate 8

### Submodel pengembangan gate bayangan 7 dan 8

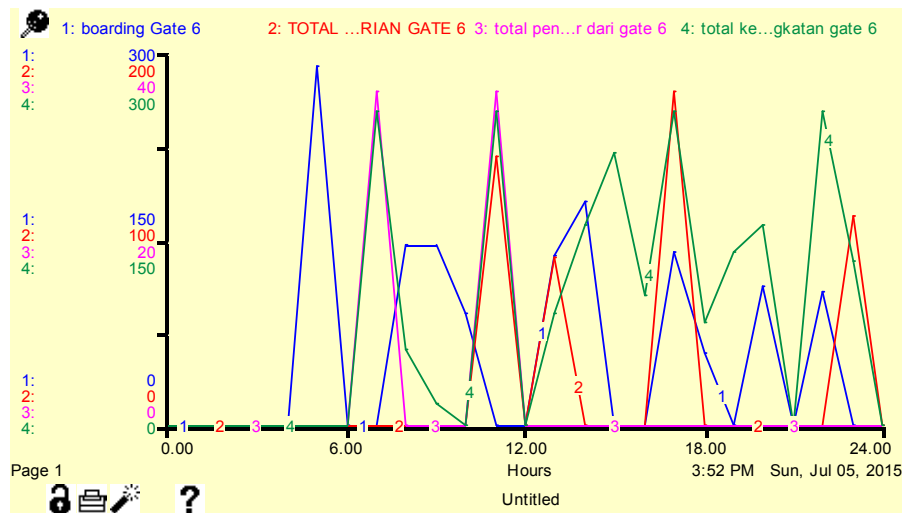
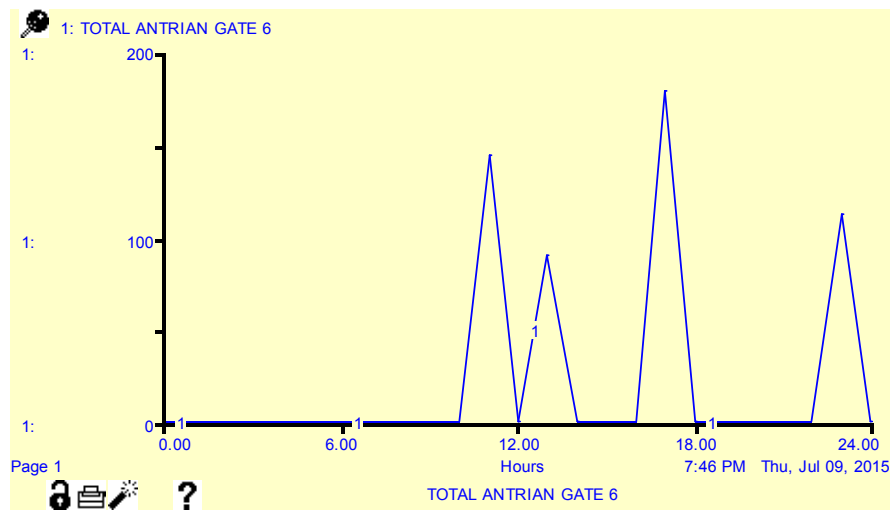


(a.) Gate bayangan 7

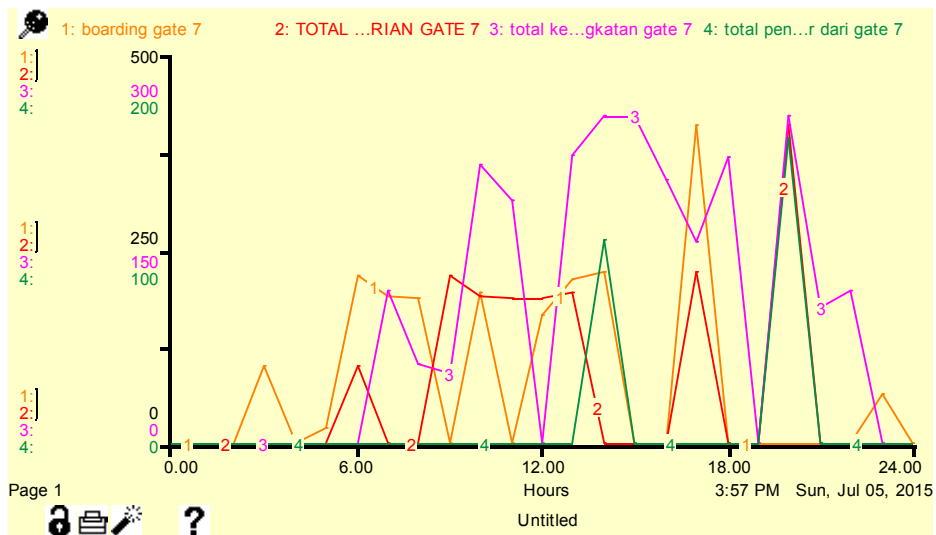
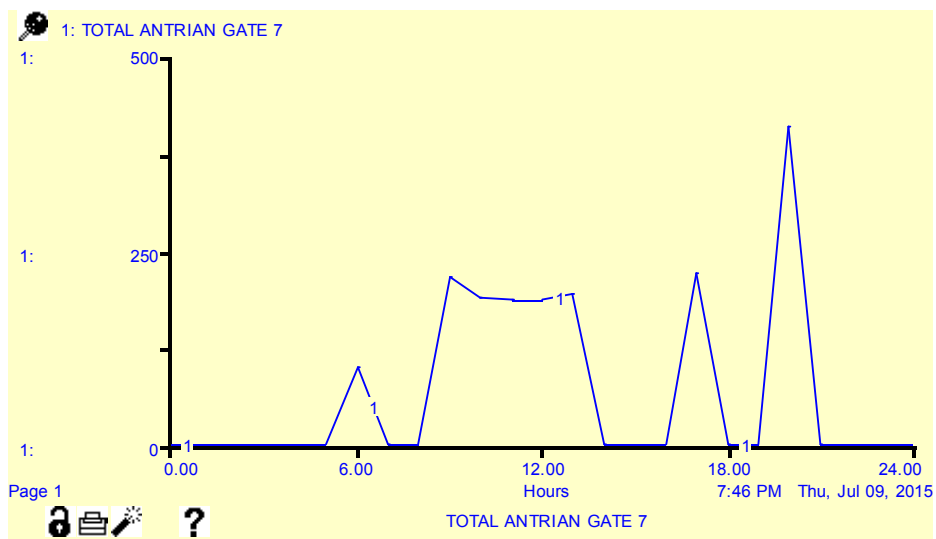


(b.) Gate bayangan 8

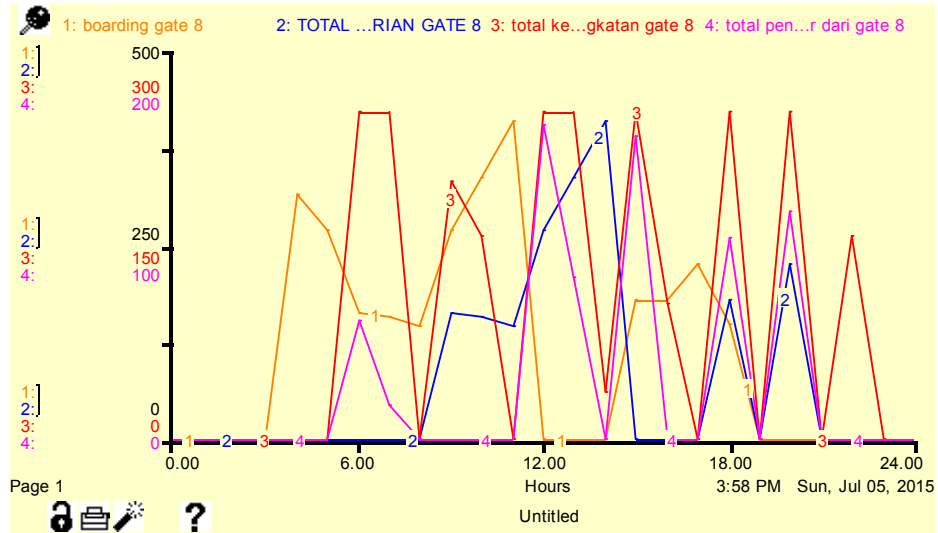
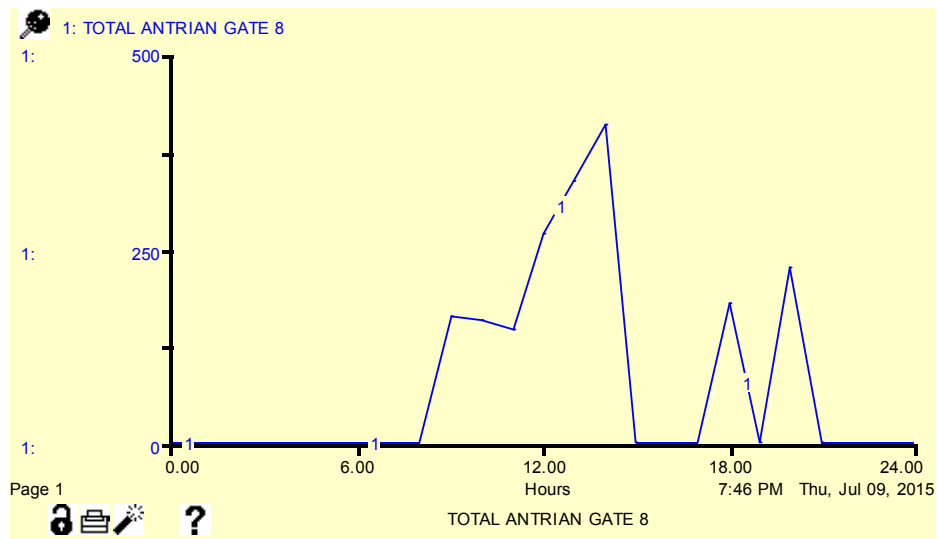
### Grafik Fungsi Hasil Simulasi per Hari



Running Model Kondisi Eksisting Gate 6 (per hari)

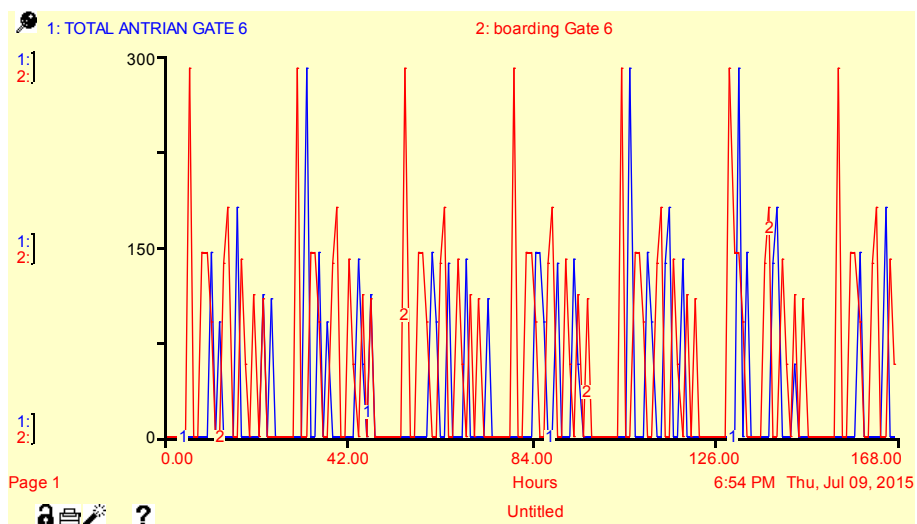
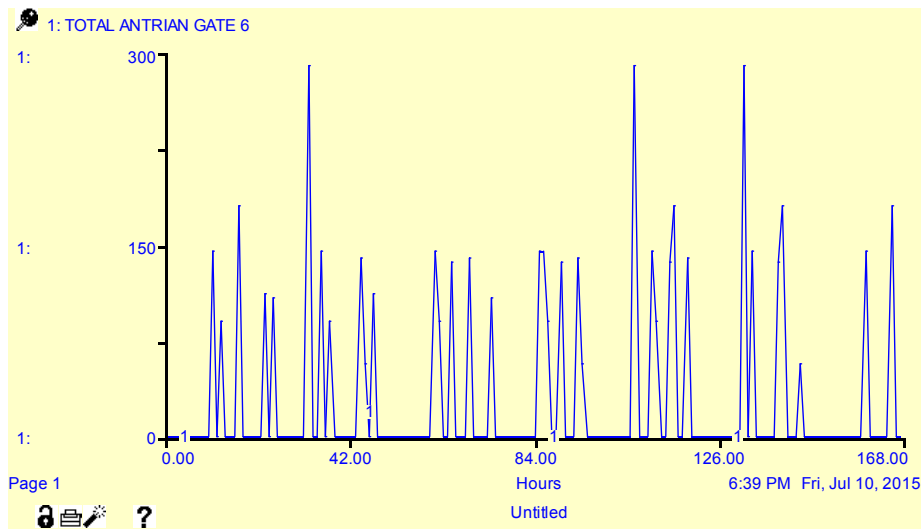


Running Model Kondisi Eksisting Gate 7 (per hari)

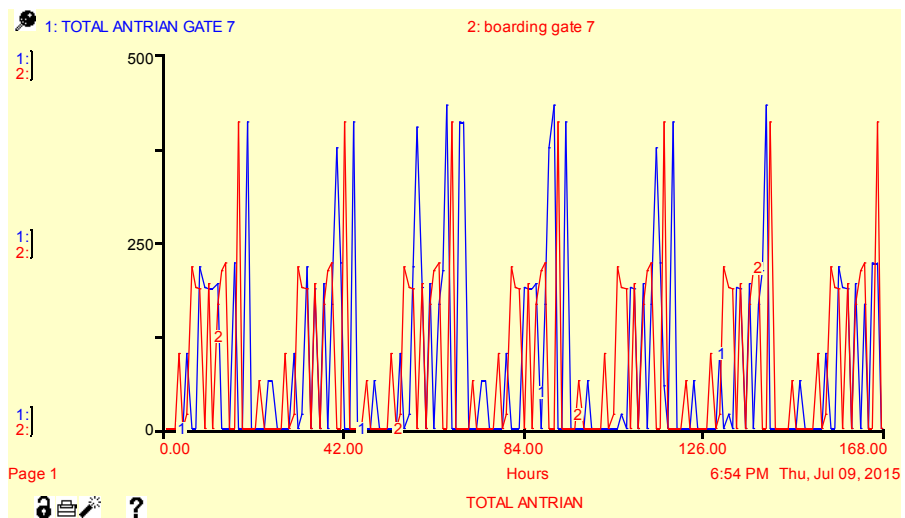
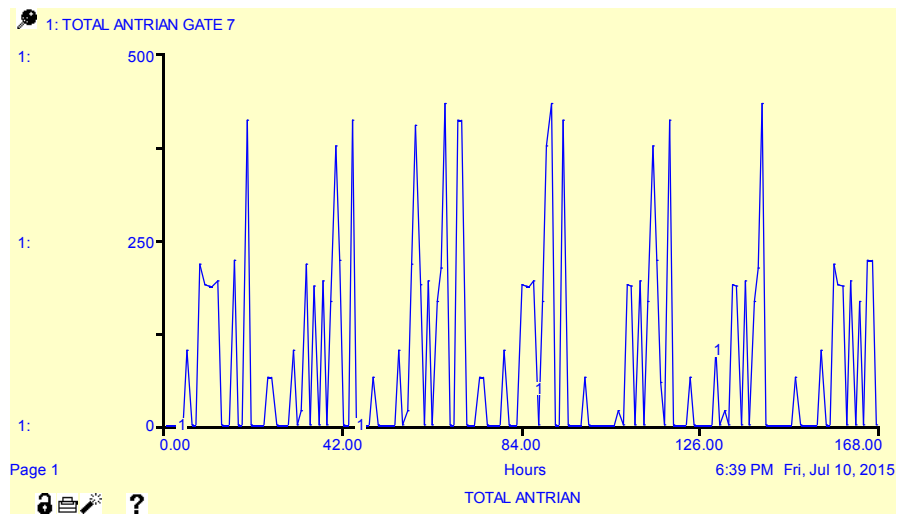


Running Model Kondisi Eksisting Gate 8 (per hari)

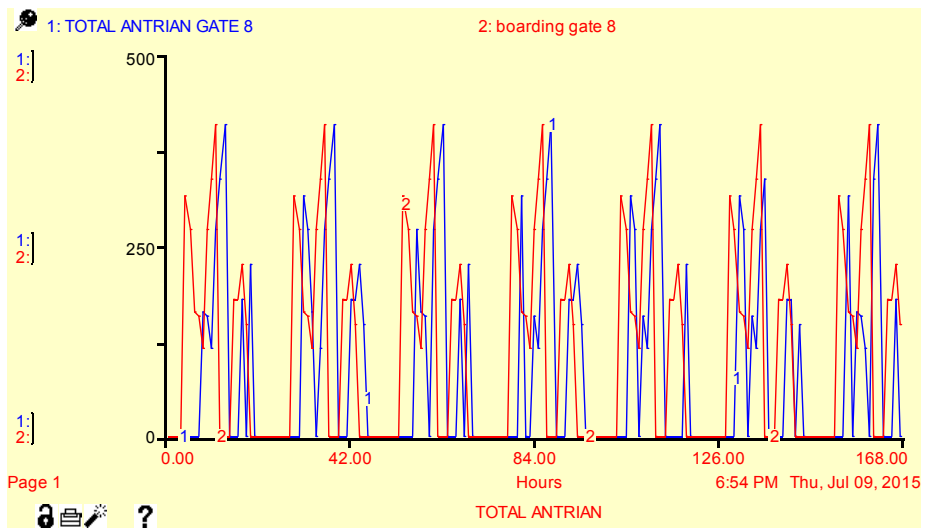
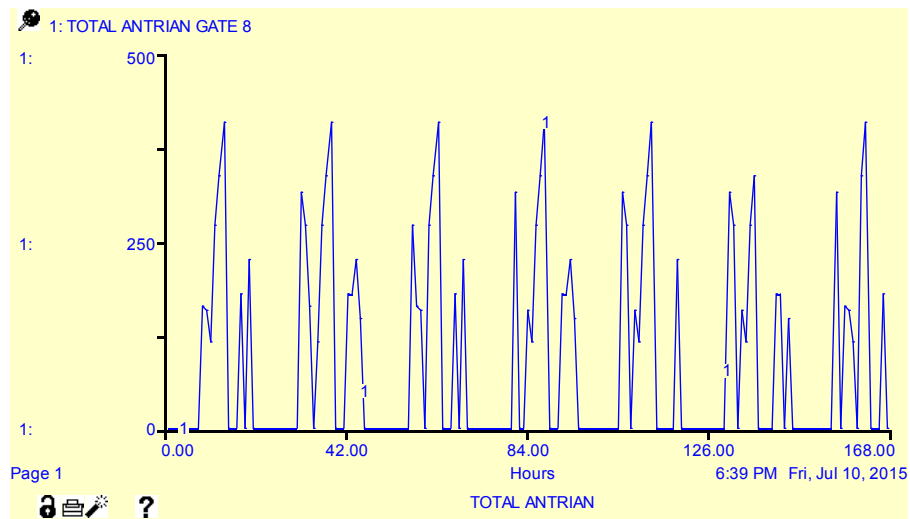
## Grafik Fungsi Hasil Simulasi per Minggu



*Running Model Kondisi Eksisting Gate 6 (per minggu)*



*Running Model Kondisi Eksisting Gate 7 (per minggu)*



*Running Model Kondisi Eksisting Gate 8 (per minggu)*



## Hasil Simulasi Kedatangan, Total Antrian Dan Total Transfer Kondisi Eksisting

hours	delay gate 5	kedatangan penumpang gate 5	total antrian gate 5	total penumpang transfer gate 5
0	0	0	0	0
1	0	0	0	0
2	1	0	0	0
3	0	0	0	0
4	1	0	0	0
5	0	0	0	0
6	0	54	0	0
7	1	123	0	0
8	1	0	0	0
9	1	0	54	0
10	0	0	123	0
11	1	0	0	0
12	1	0	0	0
13	0	0	0	0
14	0	138	0	0
15	1	0	0	0
16	1	0	0	0
17	0	0	138	0
18	0	0	0	0
19	0	0	0	0
20	0	116	0	0
21	1	0	0	0
22	1	0	0	0
23	1	0	116	0
Final	1	0	0	0

hours	delay gate 6	kedatangan penumpang gate 6	total antrian gate 6	total penumpang transfer gate 6
0	0	0	0	0
1	0	0	0	0
2	1	0	0	0
3	0	0	0	0
4	1	0	0	0
5	0	0	0	0
6	0	290	0	0
7	1	0	0	36
8	1	0	0	0
9	1	145	0	0
10	0	145	0	0
11	1	90	145	36
12	1	0	0	0
13	0	0	90	0
14	0	136	0	0
15	1	180	0	0
16	1	0	0	0
17	0	0	180	0
18	0	140	0	0
19	0	57	0	0
20	0	0	0	0
21	1	112	0	0
22	1	0	0	0
23	1	108	112	0
Final	1	0	0	0

(a.) Gate 5 dan Gate 6

**Hasil Simulasi Kedatangan, Total Antrian Dan Total Transfer Kondisi Eksisting (Lanjutan)**

hours	delay gate 7	kedatangan penumpang gate 7	total antrian gate 7	total penumpang transfer gate 7
0	0	0	0	0
1	0	0	0	0
2	2	0	0	0
3	1	0	0	0
4	2	99	0	0
5	1	0	0	0
6	0	18	99	0
7	2	215	0	0
8	2	188	0	0
9	3	186	215	0
10	1	0	188	0
11	2	193	186	0
12	2	0	186	0
13	0	165	193	0
14	0	211	0	105
15	2	221	0	0
16	2	0	0	0
17	0	0	221	0
18	1	410	0	0
19	0	0	0	0
20	1	0	410	157
21	2	0	0	0
22	2	0	0	0
23	3	0	0	0
Final	3	63	0	0

hours	delay gate 8	kedatangan penumpang gate 8	total antrian gate 8	total penumpang transfer gate 8
0	0	0	0	0
1	0	0	0	0
2	2	0	0	0
3	1	0	0	0
4	1	0	0	0
5	0	314	0	0
6	0	270	0	61
7	1	163	0	17
8	1	157	0	0
9	2	145	163	0
10	1	270	157	0
11	1	336	145	0
12	2	409	270	162
13	0	0	336	83
14	0	0	409	0
15	1	0	0	156
16	1	178	0	0
17	0	179	0	0
18	1	224	178	104
19	0	146	0	0
20	1	0	224	117
21	1	0	0	0
22	1	0	0	0
23	2	0	0	0
Final	2	0	0	0

(b.) Gate 7 dan Gate 8

### Hasil Simulasi Total Antrian Per Hari Kondisi Eksisting

Hours	Total antrian gate 5	Total antrian gate 6	Total antrian gate 7	Total antrian gate 8	Delay gate 5	Delay gate 6	Delay gate 7	Delay gate 8
0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	1	1	2	2
3	0	0	0	0	0	0	1	1
4	0	0	0	0	1	1	2	1
5	0	0	0	0	0	0	1	0
6	0	0	99	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	1	1	2	1
8	0	0	0	0	1	1	2	1
9	54	0	215	163	1	1	3	2
10	123	0	188	157	0	0	1	1
11	0	145	186	145	1	1	2	1
12	0	0	186	270	1	1	2	2
13	0	90	193	336	0	0	0	0
14	0	0	0	409	0	0	0	0
15	0	0	0	0	1	1	2	1
16	0	0	0	0	1	1	2	1
17	138	180	221	0	0	0	0	0
18	0	0	0	178	0	0	1	1
19	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	410	224	0	0	1	1
21	0	0	0	0	1	1	2	1
22	0	0	0	0	1	1	2	1
23	116	112	0	0	1	1	3	2
Final	0	0	0	0	1	1	3	2

### Hasil Simulasi Total Antrian Per Minggu Kondisi Eksisting

Hours	Total antrian gate 5	Total antrian gate 6	Total antrian gate 7	Total antrian gate 8	Delay gate 5	Delay gate 6	Delay gate 7	Delay gate 8
0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	1	1	2	2
3	0	0	0	0	0	0	1	1
4	0	0	0	0	1	1	2	1
5	0	0	99	0	0	0	1	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	1	1	2	1
8	123	0	215	163	1	1	2	1
9	0	0	188	157	1	1	3	2
10	0	145	186	114	0	0	1	1
11	0	0	186	270	1	1	2	1
12	0	90	193	336	1	1	2	2
13	0	0	0	409	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	1	1	2	1
16	138	180	221	0	1	1	2	1
17	0	0	0	178	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	1	1
19	0	0	410	224	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	1	1
21	0	0	0	0	1	1	2	1
22	116	112	0	0	1	1	2	1
23	0	0	0	0	1	1	3	2
24	0	108	63	0	1	1	3	2

### Hasil Simulasi Total Antrian Per Minggu Kondisi Eksisting (Lanjutan)

Hours	Total antrian gate 5	Total antrian gate 6	Total antrian gate 7	Total antrian gate 8	Delay gate 5	Delay gate 6	Delay gate 7	Delay gate 8
25	0	0	63	0	1	1	2	1
26	0	0	0	0	0	0	0	0
27	0	0	0	0	1	1	2	1
28	0	0	0	0	0	0	1	1
29	0	0	0	0	1	1	2	1
30	0	0	99	0	1	1	3	2
31	0	0	0	314	1	1	2	2
32	54	290	18	270	0	0	1	1
33	0	0	215	163	0	0	0	0
34	0	0	0	0	1	1	2	1
35	0	145	186	114	0	0	1	1
36	0	0	0	270	1	1	2	1
37	0	90	193	336	1	1	2	2
38	0	0	0	409	1	1	3	2
39	0	0	165	0	0	0	1	1
40	0	0	376	0	0	0	1	0
41	0	0	221	0	1	1	3	2
42	0	0	0	178	1	1	2	1
43	0	0	0	179	1	1	2	2
44	0	140	410	224	1	1	2	1
45	0	57	0	146	0	0	0	0
46	0	0	0	0	1	1	2	1
47	116	112	0	0	1	1	3	2
48	0	0	0	0	0	0	1	1
49	0	0	63	0	0	0	1	1
50	0	0	0	0	1	1	2	2

### Hasil Simulasi Total Antrian Per Minggu Kondisi Eksisting (Lanjutan)

Hours	Total antrian gate 5	Total antrian gate 6	Total antrian gate 7	Total antrian gate 8	Delay gate 5	Delay gate 6	Delay gate 7	Delay gate 8
51	0	0	0	0	0	0	1	1
52	0	0	0	0	0	0	1	0
53	0	0	0	0	0	0	1	1
54	0	0	0	0	0	0	1	1
55	0	0	99	0	0	0	0	0
56	0	0	0	0	0	0	1	1
57	0	0	18	270	1	1	3	2
58	123	0	215	163	1	1	3	2
59	0	0	403	157	0	0	0	0
60	0	0	188	0	1	1	3	2
61	0	145	0	270	1	1	2	1
62	0	90	193	336	1	1	2	1
63	0	0	0	409	0	0	1	1
64	0	0	165	0	1	1	3	2
65	0	136	211	0	0	0	1	1
66	0	0	432	0	0	0	1	1
67	0	0	0	178	0	0	0	0
68	0	0	0	0	1	1	3	2
69	0	140	410	224	0	0	0	0
70	0	0	410	0	1	1	2	1
71	0	0	0	0	0	0	1	1
72	0	0	0	0	0	0	1	1
73	0	0	0	0	1	1	3	2
74	0	108	63	0	1	1	2	1
75	0	0	63	0	0	0	1	1
76	0	0	0	0	1	1	3	2

### Hasil Simulasi Total Antrian Per Minggu Kondisi Eksisting (Lanjutan)

Hours	Total antrian gate 5	Total antrian gate 6	Total antrian gate 7	Total antrian gate 8	Delay gate 5	Delay gate 6	Delay gate 7	Delay gate 8
77	0	0	0	0	0	0	0	0
78	0	0	0	0	1	1	2	2
79	0	0	0	0	1	1	2	2
80	0	0	99	0	1	1	2	2
81	0	0	0	314	0	0	0	0
82	0	0	0	0	0	0	0	0
83	0	0	0	0	1	1	2	1
84	0	0	188	157	1	1	3	2
85	0	145	186	114	1	1	2	1
86	0	145	186	270	1	1	2	1
87	0	90	193	336	1	1	2	1
88	0	0	0	409	1	1	3	2
89	0	0	165	0	1	1	3	2
90	0	136	376	0	0	0	1	0
91	0	0	432	0	0	0	1	1
92	0	0	0	178	0	0	1	1
93	0	0	0	179	1	1	2	1
94	0	140	410	224	1	1	2	1
95	0	57	0	146	1	1	3	2
96	0	0	0	0	0	0	1	1
97	0	0	0	0	1	1	3	2
98	0	0	0	0	0	0	1	1
99	0	0	63	0	0	0	1	1
100	0	0	0	0	1	1	2	1
101	0	0	0	0	0	0	1	1
102	0	0	0	0	0	0	1	1

### Hasil Simulasi Total Antrian Per Minggu Kondisi Eksisting (Lanjutan)

Hours	Total antrian gate 5	Total antrian gate 6	Total antrian gate 7	Total antrian gate 8	Delay gate 5	Delay gate 6	Delay gate 7	Delay gate 8
103	0	0	0	0	0	0	1	0
104	0	0	0	0	0	0	0	0
105	0	0	0	0	1	1	2	1
106	0	0	0	314	1	1	2	2
107	54	290	18	270	0	0	0	0
108	0	0	0	0	1	1	2	1
109	0	0	188	157	0	0	1	1
110	0	0	186	114	1	1	3	2
111	0	145	0	270	1	1	2	1
112	0	90	193	336	1	1	2	1
113	0	0	0	409	1	1	3	2
114	0	0	165	0	1	1	2	1
115	0	136	376	0	1	1	3	2
116	138	180	221	0	0	0	0	0
117	0	0	56	0	0	0	1	0
118	0	0	0	0	1	1	2	1
119	0	140	410	224	0	0	0	0
120	0	0	0	0	0	0	0	0
121	0	0	0	0	0	0	1	1
122	0	0	0	0	0	0	0	0
123	0	0	0	0	0	0	1	1
124	0	0	63	0	0	0	0	0
125	0	0	0	0	1	1	2	1
126	0	0	0	0	1	1	3	2
127	0	0	0	0	0	0	1	0
128	0	0	0	0	0	0	1	0



### Hasil Simulasi Total Antrian Per Minggu Kondisi Eksisting (Lanjutan)

Hours	Total antrian gate 5	Total antrian gate 6	Total antrian gate 7	Total antrian gate 8	Delay gate 5	Delay gate 6	Delay gate 7	Delay gate 8
129	0	0	0	0	0	0	1	1
130	0	0	99	0	1	1	3	2
131	0	0	0	314	1	1	2	1
132	54	290	18	270	0	0	0	0
133	0	0	0	0	1	1	2	1
134	0	145	188	157	0	0	1	1
135	0	0	186	114	0	0	1	1
136	0	0	0	270	0	0	1	1
137	0	0	193	336	0	0	0	0
138	0	0	0	0	1	1	2	1
139	0	0	165	0	1	1	3	2
140	0	136	211	0	1	1	2	1
141	138	180	432	0	1	1	3	2
142	0	0	0	178	1	1	2	1
143	0	0	0	179	0	0	0	0
144	0	0	0	0	1	1	3	2
145	0	57	0	146	0	0	1	1
146	0	0	0	0	0	0	0	0
147	0	0	0	0	1	1	2	1
148	0	0	0	0	0	0	1	1
149	0	0	63	0	0	0	1	1
150	0	0	0	0	0	0	1	1
151	0	0	0	0	1	1	3	2
152	0	0	0	0	0	0	0	0
153	0	0	0	0	0	0	1	0
154	0	0	0	0	0	0	1	1

### Hasil Simulasi Total Antrian Per Minggu Kondisi Eksisting (Lanjutan)

Hours	Total antrian gate 5	Total antrian gate 6	Total antrian gate 7	Total antrian gate 8	Delay gate 5	Delay gate 6	Delay gate 7	Delay gate 8
155	0	0	99	0	1	1	2	1
156	0	0	0	314	0	0	0	0
157	0	0	0	0	1	1	2	1
158	123	0	215	163	1	1	2	1
159	0	0	188	157	1	1	2	2
160	0	145	186	114	0	0	1	0
161	0	0	0	0	0	0	1	1
162	0	0	193	336	0	0	1	1
163	0	0	0	409	0	0	1	0
164	0	0	165	0	0	0	0	0
165	0	0	0	0	1	1	3	2
166	138	180	221	0	0	0	1	1
167	0	0	221	178	0	0	0	0
Final	0	0	0	0	1	1	3	2

### Hasil simulasi Total Antrian Probabilitas Delay 1-2 Jam

gate 5			
hours	boarding	delay	total antrian
0	0	0	0
1	0	1	0
2	0	1	0
3	0	2	0
4	0	0	0
5	0	1	0
6	54	0	0
7	123	1	0
8	0	1	0
9	0	2	54
10	0	2	123
11	0	0	0
12	0	1	0
13	0	0	0
14	138	0	0
15	0	0	0
16	0	1	0
17	0	0	0
18	0	2	0
19	0	0	0
20	116	2	0
21	0	1	0
22	0	0	0
23	0	2	116
Final	0	1	0

gate 6			
hours	boarding	delay	total antrian
0	0	0	0
1	0	1	0
2	0	1	0
3	0	2	0
4	0	0	0
5	290	1	0
6	0	0	0
7	0	1	0
8	145	1	0
9	145	2	0
10	90	2	0
11	0	0	145
12	0	1	145
13	136	0	0
14	180	0	0
15	0	0	0
16	0	1	0
17	140	0	0
18	57	2	0
19	0	0	0
20	112	2	140
21	0	1	0
22	108	0	0
23	0	2	112
Final	0	1	0

(a.) Gate 5 dan 6

### Hasil simulasi Total Antrian Probabilitas Delay 1-2 Jam (Lanjutan)

gate 7			
hours	boarding	delay	total antrian
0	0	0	0
1	0	0	0
2	0	0	0
3	99	99	0
4	0	0	0
5	18	18	0
6	215	215	0
7	188	188	0
8	186	186	0
9	0	0	215
10	193	193	188
11	0	0	186
12	165	165	0
13	211	211	0
14	221	221	0
15	0	0	0
16	0	0	0
17	410	410	0
18	0	0	0
19	0	0	0
20	0	0	410
21	0	0	0
22	0	0	0
23	63	63	0
Final	0	0	0

gate 8			
hours	boarding	delay	total antrian
0	0	0	0
1	0	1	0
2	0	1	0
3	0	2	0
4	314	0	0
5	270	1	0
6	163	0	0
7	157	1	314
8	145	1	0
9	270	2	163
10	336	2	157
11	409	0	145
12	0	1	270
13	0	0	0
14	0	0	409
15	178	0	0
16	179	1	0
17	224	0	0
18	146	2	178
19	0	0	0
20	0	2	224
21	0	1	0
22	0	0	0
23	0	2	0
Final	0	1	0

(b.) Gate 7 dan 8

### Hasil simulasi Total Antrian Probabilitas *Delay* 3-4 Jam

gate 5			
hours	boarding	delay	total antrian
0	0	0	0
1	0	1	0
2	0	3	0
3	0	2	0
4	0	2	0
5	0	1	0
6	54	0	0
7	123	3	0
8	0	3	0
9	0	4	54
10	0	2	177
11	0	2	123
12	0	3	0
13	0	0	0
14	138	0	0
15	0	2	0
16	0	3	0
17	0	0	138
18	0	2	0
19	0	0	0
20	116	2	0
21	0	3	0
22	0	2	0
23	0	4	116
Final	0	3	116

gate 6			
hours	boarding	delay	total antrian
0	0	0	0
1	0	1	0
2	0	3	0
3	0	2	0
4	0	2	0
5	290	1	0
6	0	0	0
7	0	3	0
8	145	3	0
9	145	4	0
10	90	2	0
11	0	2	145
12	0	3	290
13	136	0	90
14	180	0	0
15	0	2	0
16	0	3	0
17	140	0	180
18	57	2	0
19	0	0	0
20	112	2	140
21	0	3	0
22	108	2	0
23	0	4	112
Final	0	3	112

(a.) Gate 5 dan 6

**Hasil simulasi Total Antrian Probabilitas *Delay* 3-4 Jam (Lanjutan)**

gate 7			
hours	boarding	delay	total antrian
0	0	0	0
1	0	1	0
2	0	3	0
3	99	2	0
4	0	2	0
5	18	1	0
6	215	0	99
7	188	3	0
8	186	3	0
9	0	4	215
10	193	2	403
11	0	2	374
12	165	3	186
13	211	0	193
14	221	0	0
15	0	2	0
16	0	3	0
17	410	0	221
18	0	2	0
19	0	0	0
20	0	2	410
21	0	3	0
22	0	2	0
23	63	4	0
Final	0	3	0

gate 8			
hours	boarding	delay	total antrian
0	0	0	0
1	0	1	0
2	0	3	0
3	0	2	0
4	314	2	0
5	270	1	0
6	163	0	0
7	157	3	314
8	145	3	0
9	270	4	163
10	336	2	320
11	409	2	302
12	0	3	415
13	0	0	336
14	0	0	409
15	178	2	409
16	179	3	0
17	224	0	0
18	146	2	178
19	0	0	178
20	0	2	224
21	0	3	0
22	0	2	0
23	0	4	0
Final	0	3	0

(b.) Gate 7 dan 8

### Hasil Pemerataan Penumpang pada Gate (Simulasi Skenario 2)

gate 5			
hours	boarding	delay	total antrian
0	0	0	0
1	0	1	0
2	0	3	0
3	0	2	0
4	0	2	0
5	0	1	0
6	54	0	0
7	123	3	0
8	0	3	0
9	0	4	54
10	0	2	177
11	0	2	191
12	0	3	191
13	0	0	90
14	138	0	0
15	0	2	0
16	0	3	0
17	0	0	191
18	0	2	0
19	0	0	0
20	116	2	0
21	0	3	0
22	0	2	0
23	0	4	191

gate 6			
hours	boarding	delay	total antrian
0	0	0	0
1	0	1	0
2	0	3	0
3	0	2	0
4	0	2	0
5	290	1	0
6	0	0	0
7	0	3	0
8	145	3	0
9	145	4	215
10	90	2	254
11	0	2	254
12	0	3	254
13	136	0	254
14	180	0	0
15	0	2	0
16	0	3	0
17	140	0	127
18	57	2	0
19	0	0	0
20	112	2	254
21	0	3	0
22	108	2	0
23	0	4	37

(a.) Gate 5 dan 6

### Hasil Pemerataan Penumpang pada Gate (Simulasi Skenario 2, Lanjutan)

gate 7			
hours	boarding	delay	total antrian
0	0	0	0
1	0	1	0
2	0	3	0
3	99	2	0
4	0	2	0
5	18	1	0
6	215	0	99
7	188	3	61
8	186	3	0
9	0	4	163
10	193	2	253
11	0	2	253
12	165	3	194
13	211	0	193
14	221	0	156
15	0	2	0
16	0	3	0
17	410	0	221
18	0	2	0
19	0	0	0
20	0	2	156
21	0	3	0
22	0	2	0
23	63	4	0

gate 8			
hours	boarding	delay	total antrian
0	0	0	0
1	0	1	0
2	0	3	0
3	0	2	0
4	314	2	0
5	270	1	0
6	163	0	0
7	157	3	253
8	145	3	0
9	270	4	0
10	336	2	216
11	409	2	248
12	0	3	253
13	0	0	83
14	0	0	253
15	178	2	0
16	179	3	0
17	224	0	0
18	146	2	178
19	0	0	0
20	0	2	224
21	0	3	0
22	0	2	0
23	0	4	0

(b.) Gate 7 dan 8



## BIODATA PENULIS



Penulis bernama lengkap Larasati Kusuma Wardhani. Merupakan anak kedua dari tiga bersaudara. Lahir di Surabaya pada 01 Januari 1991. Penulis menempuh pendidikan di SDN Kertajaya XII-218 Surabaya, SMP Negeri 6 Surabaya, dan SMA Negeri 16 Surabaya. Kemudian penulis melanjutkan pendidikan jenjang sarjana di Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI-ITS Surabaya pada tahun 2009. Di tahun keempat, penulis merampungkan masa studi selama tujuh semester pada bidang Korosi dan Analisa Kegagalan Material dan kemudian melanjutkan studi program magister di Jurusan Teknik Industri FTI-ITS melalui program beasiswa *Fresh Graduate*. Pada masa perkuliahan di Jurusan Teknik Industri, penulis memiliki minat pada bidang keahlian Manajemen Logistik dan Rantai Pasok.

Email : [laras\\_metalurgi@yahoo.com](mailto:laras_metalurgi@yahoo.com)

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*